



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ELABORACIÓN DE QUESO PROCESADO CORTABLE UTILIZANDO TRES TIPOS DE CUAJADAS ÁCIDAS REFRIGERADAS

**Tesis presentada como requisito para optar por el título de Ingeniero
Agroindustrial**

Autor: Luis Enrique Hernández Armas

Director: Ing. Milton Jimmy Cuaran Mg.I.

Ibarra – Ecuador



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ELABORACIÓN DE QUESO PROCESADO CORTABLE UTILIZANDO
TRES TIPOS DE CUAJADAS ÁCIDAS REFRIGERADAS

Tesis revisada por los miembros del tribunal, por lo cual se autoriza su
presentación como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

APROBADA:

Ing. Milton Jimmy Cuaran Mg.I.
DIRECTOR TRABAJO DE GRADO

FIRMA

Ing. Sandra Gavilanes M.Sc.
MIEMBRO TRIBUNAL DE GRADO

FIRMA

Ing. Holguer Pineda MBA
MIEMBRO TRIBUNAL DE GRADO

FIRMA

Ing. Jimmy Nuñez M.Sc.
MIEMBRO TRIBUNAL DE GRADO

FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	DE	100354482-0	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Y	Hernández Armas Luis Enrique	
DIRECCIÓN:		Azaya, calle Isla Fernandina 14-49 y Riobamba	
EMAIL:		luis.n.rq@hotmail.com	
TELÉFONO FIJO:		062 545 762	TELÉFONO MÓVIL: 0996216972

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	ELABORACIÓN DE QUESO PROCESADO CORTABLE UTILIZANDO TRES TIPOS DE CUAJADAS ÁCIDAS REFRIGERADAS
AUTOR:	Luis Enrique Hernández Armas
FECHA:	15 de enero 2018
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO

TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agroindustrial
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Milton Jimmy Cuaran Mg.I.

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

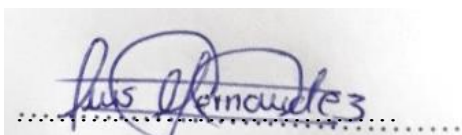
Yo, LUIS ENRIQUE HERNÁNDEZ ARMAS, con cédula de identidad Nro. 100354482-0, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 15 días del mes de enero de 2018

EL AUTOR:



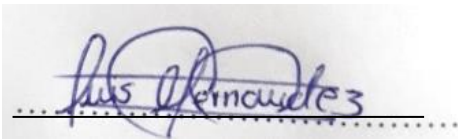
Sr. Luis Enrique Hernández Armas

100354482-0

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Manifiesto que la presente obra es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto es original y que soy el titular de los derechos patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

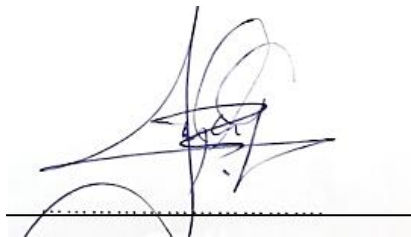
Ibarra, a los 15 días del mes de enero del 2018

A handwritten signature in blue ink, reading "Luis Enrique Hernández Armas", is written over a horizontal line. The signature is stylized with a large, circular flourish at the beginning.

Luis Enrique Hernández Armas

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Luis Enrique Hernández Armas, con cédula de identidad 100354482-0 bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Milton Jimmy Cuaran', is written over a horizontal line. The signature is stylized with several loops and flourishes.

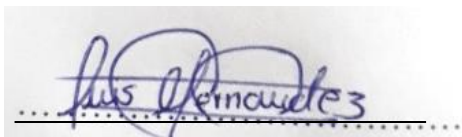
Ing. Milton Jimmy Cuaran Mg.I.

DIRECTOR DE TESIS

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Luis Enrique Hernández Armas, con cédula de identidad Nro. 100354482-0, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: **ELABORACIÓN DE QUESO PROCESADO CORTABLE UTILIZANDO TRES TIPOS DE CUAJADAS ÁCIDAS REFRIGERADAS**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERO AGROINDUSTRIAL** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 15 días del mes de enero del 2018



Luis Enrique Hernández Armas

C.C. 100354482-0

ÍNDICE DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE FOTOGRAFÍAS	i
LISTA DE DIAGRAMAS	i
LISTA DE TABLAS	ii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	v
RESUMEN	vi
SUMMARY	viii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. PROBLEMA.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3. OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS	4
OBJETIVO GENERAL	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.4. HIPÓTESIS.....	4
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. QUESO PROCESADO O FUNDIDO	5
2.1.1. VENTAJAS DE LOS QUESOS PROCESADOS	6
2.1.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE LOS QUESOS PROCESADOS	7
2.1.3. MATERIAS PRIMAS EN LA ELABORACIÓN DE QUESOS PROCESADOS.....	8

2.1.3.1. Importancia del grado de madurez de los quesos	9
2.1.3.2. Quesos jóvenes	9
2.2.3.3. Quesos madurados	10
2.1.4. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL QUESO PROCESADO CORTABLE	12
2.1.4.1. Proceso de fundido.....	13
2.1.4.2. Sales emulsionantes empleadas en los quesos fundidos	14
2.1.4.3. Secuestramiento del calcio	15
2.1.4.4. Estabilización del pH	16
2.1.5. PROPIEDADES FUNCIONALES DE LOS QUESOS PROCESADOS.....	17
2.1.5.1. Rebanabilidad o Tajabilidad.....	17
2.1.5.2. Capacidad de fusión y flujo	18
2.1.5.3. Liberación de aceite	18
CAPÍTULO III	19
MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	19
3.2. MATERIA PRIMA, INSUMOS, REACTIVOS, MATERIALES Y EQUIPOS.	19
3.2.1. MATERIA PRIMA	19
3.2.2. INSUMOS.....	20
3.2.3. REACTIVOS	20
3.2.4. MATERIALES DE LABORATORIO Y DE PROCESAMIENTO ...	20
3.2.5. EQUIPOS DE LABORATORIO Y DE PROCESAMIENTO	20
3.2. MÉTODOS	20

3.2.1. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA, FISICOQUÍMICA Y SENSORIAL DE LAS CUAJADAS ÁCIDAS.	20
3.2.2. EVALUACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DE LOS TIPOS DE CUAJADAS ÁCIDAS REFRIGERADAS EN LA ELABORACIÓN DE QUESO PROCESADO CORTABLE.....	21
3.2.2.1. Factores en estudio.....	21
3.2.2.2. Tratamientos.....	22
3.2.2.3. Modelo matemático	22
3.2.2.4. Análisis de varianza	23
3.2.2.5. Análisis funcional	23
3.2.2.6. Variables de respuesta evaluadas	23
3.2.2.6.1. Determinación de la rebanabilidad	23
3.2.2.6.2. Determinación del índice de fundido	24
3.2.3. CARACTERIZACIÓN EL QUESO PROCESADO CORTABLE MEDIANTE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS, FISICOQUÍMICOS Y SENSORIALES.....	24
3.2.4. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO	25
3.2.4.3. Balance de materiales del queso procesado cortable	26
3.2.4.4. Diagrama ISO del queso procesado cortable	27
3.2.4.5. Descripción del proceso	28
3.2.4.5.1. Recepción del queso semimaduro tipo Holandés y cuajadas ácidas	28
3.2.4.5.2. Pesado	28
3.2.4.5.3. Triturado.....	28
3.2.4.5.4. Fundido	29
3.2.4.5.5. Moldeado y enfriado	29

3.2.4.5.6. Rebanado y empacado al vacío	30
3.2.4.5.7. Almacenado	30
CAPÍTULO IV	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA, FISICOQUÍMICA Y SENSORIAL DE LAS CUAJADAS ÁCIDAS.....	31
4.1.1. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y SENSORIAL DE LAS CUAJADAS ÁCIDAS.....	32
4.1.2. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FISICOQUÍMICA DE LAS CUAJADAS ÁCIDAS.	34
4.1.3. ELABORACIÓN DEL QUESO PROCESADO CORTABLE	35
4.2. RESULTADO DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO	35
4.2.1. VARIABLES DE RESPUESTA EVALUADAS	36
4.2.1.1. Variable de respuesta pH	36
4.2.1.1.1. Análisis de varianza del pH de la primera incorporación de cuajada	36
4.2.1.1.2. Análisis de varianza del pH de la segunda incorporación de cuajada	37
4.2.1.1.3. Análisis de varianza del pH de la tercera incorporación de cuajada	38
4.2.1.1.4. Comparación de los valores de pH resultantes en las tres incorporaciones	39
4.2.2.2. Variable de respuesta Humedad	40
4.2.2.2.1. Análisis de varianza de la humedad en la primera incorporación	41
4.2.2.2.2. Análisis de varianza de la humedad en la segunda incorporación	42

4.2.2.2.3. Análisis de varianza de la humedad en la tercera incorporación	43
4.2.1.2.4. Comparación de los valores de humedad resultantes en las tres incorporaciones	44
4.2.1.3. Variable de respuesta rebanabilidad	45
4.2.1.3.1. Análisis de varianza de rebanabilidad en la primera incorporación	45
4.2.1.3.2. Análisis de varianza de rebanabilidad en la segunda incorporación	46
4.2.1.3.3. Análisis de varianza de rebanabilidad en la tercera incorporación	47
4.2.1.3.4. Comparación de las calificaciones de rebanabilidad resultantes en las tres incorporaciones.....	48
4.2.1.4. Variable de respuesta índice de fundido	49
4.2.1.4.1. Análisis de varianza del índice de fundido en la primera incorporación	49
4.2.1.4.2. Análisis de varianza del índice de fundido en la segunda incorporación	50
4.2.1.4.3. Análisis de varianza del índice de fundido en la tercera incorporación	51
4.2.1.4.4. Comparación de los valores del índice de fundido resultantes en las tres incorporaciones	52
4.3. CARACTERIZACIÓN DEL QUESO PROCESADO CORTABLE MEDIANTE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS, FISICOQUÍMICOS Y SENSORIALES.....	54
4.3.1. Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del queso procesado cortable	54
4.3.2. Evaluación de la calidad sensorial del queso procesado cortable. ..	54

CAPÍTULO V	57
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
5.1. CONCLUSIONES	57
5.2. RECOMENDACIONES	59
BIBLIOGRAFÍA	60
ANEXOS.....	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Quesos madurados	11
Figura 2. Secuestramiento del calcio por la sal emulsionante.....	16
Figura 3. Capacidad de fusión del queso	18

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Queso procesado cortable y untable.....	8
Fotografía 2. Quesos jóvenes	10
Fotografía 3. Trituración y mezcla de queso	13
Fotografía 4. Proceso de fundido y moldeado del queso procesado.....	14
Fotografía 5. Proceso de rebanado del queso procesado	17
Fotografía 6. Liberación de aceite en el queso	18
Fotografía 7. Recepción de queso semi maduro y cuajadas ácidas	28
Fotografía 8. Pesado de queso semi maduro y cuajadas	28
Fotografía 9. Triturado de la mezcla de queso y cuajada ácida.....	29
Fotografía 10. Proceso de fundido del queso	29
Fotografía 11. Moldeado del queso procesado.....	29
Fotografía 12. Rebanado y empacado del queso procesado.....	30
Fotografía 13. Almacenamiento del queso procesado empacado.....	30

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Diagrama de bloques para la elaboración de quesos procesados o fundidos.....	12
Diagrama 2. Elaboración del queso procesado cortable	26
Diagrama 3. Balance de materiales de la elaboración del queso procesado cortable	26

Diagrama 4. Diagrama ISO de la elaboración de queso procesado cortable	27
--	----

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Requisitos fisicoquímicos del queso procesado	7
Tabla 2. Requisitos microbiológicos del queso procesado	7
Tabla 3. Influencia del grado de maduración de la materia prima sobre el proceso de fundido.....	9
Tabla 4. Principales sales fundentes para quesos procesados	14
Tabla 5. Características del área de estudio	19
Tabla 6. Análisis físico- químicos y microbiológicos a determinar en la materia prima	21
Tabla 7. Tratamientos del experimento.....	22
Tabla 8. Esquema del ADEVA	23
Tabla 9. Variables a evaluar en el producto final.	23
Tabla 10. Escala de calificación de atributos de rebanabilidad.....	24
Tabla 11. Análisis físico-químicos y microbiológicos del producto terminado....	25
Tabla 12. Resumen del porcentaje de aceptación de los atributos sensorial de las cuajadas ácidas	33
Tabla 13. Análisis fisicoquímicos a las cuajadas durante su almacenamiento en refrigeración	34
Tabla 14. Parámetros establecidos en la elaboración de queso procesado	35
Tabla 15. Análisis de varianza de los datos obtenidos.....	36
Tabla 16. Análisis de varianza del pH de queso procesado cortable primera incorporación.....	36
Tabla 17. Prueba de Tukey al 5% de significancia para el pH de los quesos procesados primera incorporación	37

Tabla 18. Análisis de varianza del pH de queso procesado cortable segunda incorporación.....	37
Tabla 19. Prueba de Tukey al 5% de significancia para el pH de los quesos procesados segunda incorporación	38
Tabla 20. Análisis de varianza del pH de queso procesado cortable tercera incorporación.....	38
Tabla 21. Prueba de Tukey al 5% de significancia para el pH de los quesos procesados tercera incorporación	39
Tabla 22. Análisis de varianza de humedad del queso procesado cortable primera incorporación.....	41
Tabla 23. Prueba de Tukey al 5% de significancia para la humedad de los quesos primera incorporación	41
Tabla 24. Análisis de varianza de humedad del queso procesado cortable segunda incorporación.....	42
Tabla 25. Prueba de Tukey al 5% de significancia para la humedad de los quesos procesados segunda incorporación	42
Tabla 26. Análisis de varianza de humedad del queso procesado cortable tercera incorporación.....	43
Tabla 27. Prueba de Tukey al 5% de significancia para la humedad de los quesos procesados tercera incorporación	43
Tabla 28. Análisis de varianza de rebanabilidad del queso procesado cortable primera incorporación.....	45
Tabla 29. Prueba de Tukey al 5% de significancia para la rebanabilidad de los quesos procesados primera incorporación	46
Tabla 30. Análisis de varianza de rebanabilidad del queso procesado cortable segunda incorporación	46
Tabla 31. Prueba de Tukey al 5% de significancia para la rebanabilidad de los quesos procesados segunda incorporación.....	47

Tabla 32. Análisis de varianza de rebanabilidad del queso procesado cortable tercera incorporación	47
Tabla 33. Prueba de Tukey al 5% de significancia para la rebanabilidad de los quesos procesados tercera incorporación	48
Tabla 34. Análisis de varianza del índice de fundido del queso procesado cortable primera incorporación	49
Tabla 35. Prueba de Tukey al 5% de significancia para el índice de fundido de los quesos procesados primera incorporación	50
Tabla 36. Análisis de varianza del índice de fundido del queso procesado cortable segunda incorporación	51
Tabla 37. Prueba de Tukey al 5% de significancia para el índice de fundido de los quesos procesados segunda incorporación	51
Tabla 38. Análisis de varianza del índice de fundido del queso procesado cortable tercera incorporación	52
Tabla 39. Prueba de Tukey al 5% de significancia para el índice de fundido de los quesos procesados tercera incorporación	52
Tabla 40. Caracterización fisicoquímica del queso procesado cortable	54

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Materiales de laboratorio y de procesamiento.....	64
Anexo 2. Equipo de laboratorio y para el procesamiento de queso.....	65
Anexo 3. Seguimiento microbiológico de las cuajadas ácidas refrigeradas	66
Anexo 4. Seguimiento fisicoquímico de las cuajadas ácidas refrigeradas	68

RESUMEN

El queso procesado representa una alternativa para la industria láctea en el aprovechamiento de quesos con problemas de deformaciones y pérdidas de vacío, así como de recortes resultado de operaciones de moldeo y rebanado, material que no tiene posibilidades de ser comercializado pero que mantiene características fisicoquímicas y microbiológicas dentro de los parámetros establecidos en las normas para derivados lácteos. Esta cantidad de queso, si no tiene opción de reproceso se destinaría a la alimentación animal, actividad en la cual la industria láctea pierde competitividad, debido a que el valor agregado de estos productos no cumplió con su objetivo y el valor monetario que representan estos costos de calidad debe ser asumido por el consumidor.

Para la elaboración de quesos procesados, según investigaciones de Rosero (2010), Caric, Gantar, & Kalab (1985), la combinación de quesos jóvenes y quesos madurados generan buenos resultados, ya que los quesos jóvenes proporcionan mejores propiedades de textura y rebanabilidad, mientras que los quesos madurados aportan características organolépticas. En estas experiencias, la combinación de entre el 20 y 30% de quesos jóvenes en la formulación de quesos procesados aportan con propiedades de textura más cremosa y suave al gusto, la proteína de cadena larga de estos quesos mejora las características de firmeza; la cuajada ácida mantiene intactas estas cadenas largas, al no ser sometida a procesos de maduración y en combinación con el queso madurado generan quesos procesados con atributos organolépticos y funcionales atractivos para el consumidor.

La presente investigación tuvo como principal objetivo determinar la aptitud funcional de las cuajadas ácidas refrigeradas que se incorporan en la elaboración del queso procesado cortable y su influencia en las características deseables de este tipo de queso (rebanabilidad e índice de fundido). La metodología empleada fue experimental, usando como materia prima tres tipos de cuajadas, elaboradas con leche pasteurizada y sin pasteurizar, que se acidificaron con ácido cítrico y suero dulce acidificado por bacterias lácticas. Estas cuajadas se almacenaron en

refrigeración durante periodos de 10, 20 y 30 días a 4 °C (± 2), para luego ser incorporadas en la elaboración de queso procesado, en un porcentaje de 20 y 30%, a fin de evaluar las características fisicoquímicas (pH, humedad) y funcionales (rebanabilidad e índice de fundido) en el queso procesado cortable. Se llegó a la conclusión de que los quesos procesados elaborados con cuajadas ácidas procedentes de leche pasteurizada presentaron mayor firmeza y mejor capacidad de rebanado, se mantuvieron estables en los valores de pH (5,3-5,1) mientras que la humedad no evidenció un descenso significativo y el proceso de proteólisis fue menor que en las cuajadas elaboradas con leche sin pasteurizar.

PALABRAS CLAVES

Queso procesado cortable, Cuajada ácida, Funcionalidad.

SUMMARY

Processed cheese represents an alternative for the dairy industry in the use of cheeses with problems of deformation and loss of vacuum, as well as cuts resulting from molding and slicing operations, material that has no Possibilities of being marketed but which maintains physicochemical and microbiological characteristics within the parameters established in the standards for dairy derivatives. This amount of cheese, if it has no reprocessing option, would be destined to animal feed, an activity in which the milk industry loses competitiveness, because the added value of these products did not meet its objective and the monetary value that represents these quality costs must be assumed by the consumer.

For the elaboration of processed cheeses, according to research of Rosero (2010), Caric, Gantar, & Kalab (1985), the combination of young cheeses and matured cheeses generate good results, since the young cheeses provide better properties of texture and slicability, whereas matured cheeses provide organoleptic characteristics. In these experiences, the combination of 20 to 30% of young cheeses in the formulation of processed cheeses contribute with properties of texture more creamy and soft to taste, the long chain protein of these cheeses improves the characteristics of firmness; the acid curd keeps intact these long chains, not being subjected to ripening processes and in combination with matured cheese generate processed cheeses with organoleptic and functional attributes attractive for the consumer.

This research had as its main objective to determine the functional aptitude of the refrigerated acid curds that are incorporated in the elaboration of processed cheese and its influence on the desirable characteristics of this type of cheese (Slicability and melting rate). The methodology used was experimental, using as raw material three types of curds, made with pasteurized and unpasteurized milk, which were

acidified with citric acid and sweet serum acidified by lactic bacteria. These curds were stored in refrigeration for periods of 10, 20 and 30 days at 4 °c (\pm 2), then be incorporated in the processing of processed cheese, in a percentage of 20 and 30%, in order to evaluate the physicochemical characteristics (pH, humidity) and functional (slicability and melting rate) in the cut processed cheese. It was concluded that processed cheeses made with acid curds from pasteurized milk showed greater firmness and better slicing capacity, remained stable at pH values (5.3-5.1) while moisture did not show a significant descent and the proteolysis process was lower than in curds made with unpasteurized milk.

KEYWORD

Cut processed cheese, Acid curd, Functionality.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PROBLEMA

En la industria quesera no toda la cantidad de queso producido llega a ser comercializado, los productos con problemas de deformaciones y pérdidas de vacío, así como de recortes resultado de operaciones de moldeo y rebanado, no tiene posibilidades de ser comercializado, esta cantidad de queso, si no tiene opción de reproceso son destinados a la alimentación animal, actividad en la cual las industria láctea pierden competitividad, debido a que el valor agregado de estos productos no cumplió con su objetivo y el valor monetario que representan estos costes de calidad debe ser asumido por el consumidor.

En el Ecuador existe una producción diaria de 5,5 millones de litros de leche, según el MAGAP (2011) la provincia del Carchi produce el 6,91% que corresponde a alrededor de 380 mil litros diarios; esta cantidad de leche no es consumida en su totalidad por parte de los industriales, lo que da lugar a un excedente que no es cuantificado, ya que quienes restringen la compra de esta materia prima son las propias industrias lácteas, mismas que se limitan a dar cierto límite de cupos de compra de acuerdo a las temporadas de menor

comercialización de productos lácteos y no realizan registros de la materia prima flotante, información que tampoco es registrada por organismos gubernamentales. El exceso de materia prima para la industria láctea genera pérdidas en los productores e inunda el mercado de derivados lácteos con productos sanitariamente no seguros, que se comercializan de manera informal y sin cumplir requerimientos de manejo de productos, muy sensibles a contaminación.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Según FAO (1985), el queso procesado se ha constituido en una buena alternativa para las industrias lácteas, ya que este producto tiene un período de almacenamiento más prolongado y mayor facilidad de manejo en las bodegas industriales, es también una solución en el aprovechamiento de quesos con problemas de deformaciones y pérdidas de vacío, así como de recortes resultado de operaciones de moldeo y rebanado, material que no tiene posibilidades de ser comercializado pero que mantiene características fisicoquímicas y microbiológicas dentro de los parámetros establecidos en las normas para derivados lácteos.

Según investigaciones de Rosero (2010), la combinación de quesos jóvenes y quesos madurados generan mejores resultados, ya que los quesos jóvenes proporcionan mejores propiedades de textura y rebanabilidad, mientras que los quesos madurados aportan características organolépticas, en sus experiencias; la combinación de entre el 20 y 30% de quesos jóvenes en la formulación de quesos procesados aportan con características de textura más suave y cremosa al producto final.

Por medio de esta investigación se generó información para el procesamiento de queso fundido cortable, empleando materias primas que pueden ser obtenidas con los excedentes de los volúmenes de leche difícil de comercializar en temporadas de baja demanda de derivados lácteos y los quesos maduros o semi maduros que al no tener una salida al mercado por no cumplir con parámetros de comercialización son descartados, a partir de estas materias primas se obtiene como resultado un producto con diversidad de características organolépticas y funcionales apreciada en la población consumidora de platos extranjeros y comida rápida.

1.3. OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS

OBJETIVO GENERAL

- Elaborar queso procesado cortable utilizando tres tipos de cuajadas ácidas refrigeradas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la calidad microbiológica, fisicoquímica y sensorial de las cuajadas ácidas.
- Evaluar la incorporación de los tipos de cuajadas ácidas refrigeradas en la elaboración de queso procesado cortable.
- Caracterizar el queso procesado cortable mediante análisis microbiológicos, fisicoquímicos y sensoriales.

1.4. HIPÓTESIS

Ho: La incorporación de cuajada ácida refrigerada no afecta las características funcionales y organolépticas del queso procesado cortable.

Hi: La incorporación de cuajada ácida refrigerada afecta las características funcionales y organolépticas del queso procesado cortable.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. QUESO PROCESADO O FUNDIDO

Como definición general de queso fundido, la norma NTE INEN 2613 establece que: “son los quesos obtenidos por molturación, mezcla, fusión y emulsión con tratamiento térmico y agentes emulsionantes de una o más variedades de queso, con o sin la adición de componentes de leche y/u otros productos alimenticios. El queso procesado es una mezcla fundida homogénea resultante de una emulsión de grasa y agua estabilizada con proteína láctea”.

Como características principales, el queso procesado contiene de 30 a 45% de grasa, aunque también se hacen variedades más magras y más grasas. La composición en otros aspectos depende enteramente del contenido de humedad y las materias primas utilizado en la fabricación (Bylund, 2003), para obtener las características organolépticas deseadas en el producto final se emplean una variedad amplia de quesos, los cuales aportaran en gran parte el olor, sabor, color y textura deseada del queso.

En muchos países, la producción de queso procesado está en incremento debido a las múltiples variaciones en sabor, consistencia, color y forma del producto, estas propiedades lo hacen simple y atractivo para usar el queso procesado en

preparaciones de comidas para el hogar y en establecimiento de expendio de comida rápida (Schär & Bosset, 2002).

La idea original del queso procesado fue aumentar su estabilidad fisicoquímica y microbiológica durante el almacenamiento y también utilizar el queso que sería difícil de comercializarse como: los remanentes del queso resultante de operaciones de corte y rebanado, queso con defectos menores como deformaciones, sobre maduración, daños por moldeo, etc., los fabricantes encontraron en esta variedad de queso un producto con características novedosas (Caric, Gantar, & Kalab, 1985).

La elaboración del queso procesado involucra la ruptura de la red inicial de paracaseinato de calcio presente en el queso, que con la ayuda del calor y acción mecánica en presencia de sales emulsionantes inmoviliza agua y grasa emulsionada dentro de una masa fundida y homogénea (Bylund, 2003; Guinee, 2002).

2.1.1. VENTAJAS DE LOS QUESOS PROCESADOS

Entre las múltiples ventajas de los quesos procesados se manifiestan la gran diversidad en características organolépticas y la viabilidad económica de este producto. De acuerdo con Fox (2000), las principales ventajas de este tipo de queso son:

- Ofrecen variedad casi ilimitada en el sabor, la funcionalidad (por ejemplo, loncheado, fluidez), y el consumo atractivo como resultado de diferencias en formulación, condiciones de procesamiento, y embalaje en varias formas y tamaños.
- Tiene costos de producción más bajo que el queso natural (fresco), porque incorporan queso natural de bajo costo (remanentes y queso sin salida comercial).
- Son adaptables al comercio de comida rápida.
- Tienen una larga vida útil comprendida entre 4 y 12 meses.

Por estas razones, según la FAO (1985), el queso procesado se ha constituido en una buena alternativa para varias industrias, ya que este producto tiene un período

de almacenamiento más prolongado y con una mayor facilidad de manejo en las bodegas industriales.

2.1.2. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE LOS QUESOS PROCESADOS

De acuerdo a sus características fisicoquímicas se puede diferenciar dos tipos de quesos procesados, los cuales tienen diferentes fines en su uso como ingrediente, según Bylund (2003), los quesos procesados se clasifican en:

- **Queso procesado cortable:** son bloques de queso con una consistencia firme, alta acidez y bajo contenido de humedad.
- **Queso procesado untable:** Quesos para untar de consistencia blanda, de baja acidez y alta contenido de humedad.

Tabla 1. Requisitos fisicoquímicos del queso procesado

Requisito	Queso procesado cortable	Queso procesado untable
pH	5,6 – 5,8	5,4 – 5,6
Humedad	40 - 45	50 – 60

Según la norma NTE INEN 2613 y la Norma oficial Mexicana 121-SSA1-1994 el queso fundido y el queso fundido para untar o extender, deben cumplir con los siguientes requisitos microbiológicos:

Tabla 2. Requisitos microbiológicos del queso procesado

Requisito	Índice máximo de buena calidad (m)	Índice máximo aceptable de calidad (M)
Enterobacteriaceas, UFC/g	10	10 ²
Recuento de Aeróbios Mesófilos, UFC/g	10 ³	10 ⁴
Staphylococcus aureus UFC/g	10	10 ²
Neurotoxinas del Clostridium botulino	AUSENCIA	AUSENCIA
Coliformes fecales UFC/g	AUSENCIA	AUSENCIA
Coliformes totales UFC/g	-	10
Hongos y levaduras UFC/g	-	10 ²

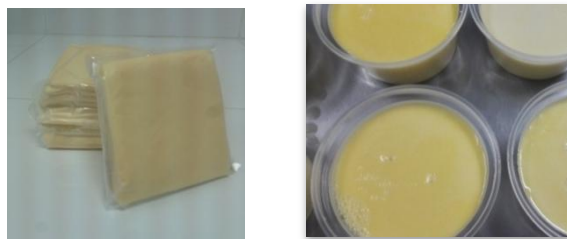
Donde:

m = Índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad.

M = Índice máximo permisible para identificar nivel aceptable de calidad.

Debido al proceso de fundido que alcanza temperaturas altas por tiempos entre 5 a 10 minutos y la acción de las sales emulsionantes en contra de los

microorganismos patógenos junto a la cuidadosa selección de ingredientes y la tecnología adecuada en el proceso hacen posible la elaboración de quesos procesados microbiológicamente estables y de larga duración en almacenamiento (Guinee, 2002), los cuales según Schär & Bosset (2002) con el correcto empaque mantienen su calidad entre 4 a 12 meses de almacenamiento en refrigeración.



Fotografía 1. Queso procesado cortable y untable

2.1.3. MATERIAS PRIMAS EN LA ELABORACIÓN DE QUESOS PROCESADOS

Un queso procesado auténtico necesariamente debe incluir entre sus ingredientes una alta proporción de quesos genuinos, estos pueden incorporarse como una mezcla de quesos de distintos estados de madurez: relativamente frescos, medianamente madurados y muy madurados. Cada tipo de estos quesos impartirá características sensoriales y funcionales específicas al producto. Así, los quesos frescos, con proteína poco degradada, impartirán características de consistencia y rebanabilidad al producto; los muy madurados, en cambio, por tener una “caseína corta” debido a la proteólisis durante su afinamiento, influirán menos en la textura y más en el aporte de sabor (Villegas, 2004).

Según investigaciones de Rosero (2010), la combinación de quesos jóvenes y quesos madurados generan mejores resultados, ya que los quesos jóvenes proporcionan mejores propiedades de textura y rebanabilidad, mientras que los quesos madurados aportan características organolépticas, en sus experiencias; la combinación de entre el 20 y 30% de quesos jóvenes en la formulación de quesos procesados aportan con características de textura más suave y cremosa al producto final.

2.1.3.1. Importancia del grado de madurez de los quesos

El grado de maduración del queso tiene un efecto considerable en la facilidad con que el mismo puede ser emulsificado. El queso muy madurado es más difícil de emulsificar que el queso a media maduración o no madurado (Chiriboga, 2012). Sin embargo, los que reúnen mejores condiciones para el fundido son los quesos de textura dura y firme, especialmente el queso fresco de pasta hilada, por la estructura particular de su masa.

De igual manera según Spreer (1998), el grado de maduración de la materia prima ejerce una influencia particular sobre el proceso de fusión, según este autor el contenido relativo de caseína de la mezcla de materias primas no debe ser inferior al 70% para la fabricación del queso fundido de consistencia firme al corte, ni al 50% para la fabricación del mismo producto apto para untarse. En la práctica suelen emplearse quesos mezclados de edades diversas para conseguir un producto de buena calidad.

Tabla 3. Influencia del grado de maduración de la materia prima sobre el proceso de fundido.

Grado de maduración	Ventajas	Inconvenientes
Queso reciente (poco maduro)	Buena dispersión, que facilita la emulsión de grasa de mantequilla añadida; elevada capacidad de hidratación. Buena estabilidad de la emulsión del producto fundido.	El desdoblamiento protéico requiere un tratamiento intensivo y prolongado; la fusión demasiado breve puede dar lugar a una pasta dura y correosa; propensión a que el sabor resulte un poco ácido e insípido; a la envoltura o envase; el pH tiene que ser corregido; dispersión lenta.
Queso viejo (muy maduro)	Dispersión rápida; aroma entre pronunciado y muy picante.	Producto fundido esponjoso y sin cohesión, de aspecto mate y apagado; propenso a expulsar grasa; escasa capacidad de hidratación; tiende a transformarse en una pasta humectante; muy dura y de escaso poder de conservación.

(Spreer, 1998)

2.1.3.2. Quesos jóvenes

Los quesos jóvenes o no madurados juegan un rol importante en la elaboración de quesos procesados debido a que poseen proteína poco degradada, impartiendo

características de consistencia y rebanabilidad deseable al producto final (Villegas, 2004), por lo que emplear cuajada ácida como materia prima y someterla al proceso de fundido a altas temperaturas en la elaboración de quesos procesados y generan un queso procesado firme y apto para rebanar.

En el procesamiento convencional de quesos de pasta hilada, el pH de la cuajada desciende a valores típicos en un rango de 5,3-5,1, a estos valores de pH el alto nivel de hidratación de la caseína asegura que la paracaseína pueda formar una masa flexible y estirable durante la plastificación (Guinee, 2002),



Fotografía 2. Quesos jóvenes

En un estudio realizado por Sánchez y Morales (2011), sobre la proteólisis y lipólisis de los quesos almacenados se evidenció una progresiva proteólisis y descenso del pH según el paso del tiempo, en este estudio se pudo constatar la ruptura de las bandas de caseína formando fragmentos de proteína, este efecto está ligado a importantes factores como: el efecto residual del cuajo, el porcentaje de grasa y el pH.

2.2.3.3. Quesos madurados

Al igual que los queso frescos el uso de los queso madurados como materia prima en la elaboración de quesos procesados resulta ser esencial debido a que un queso madurado por tener una “caseína corta” debido a la proteólisis durante su afinamiento, influirán en el aporte de características organolépticas al producto final (Villegas, 2004).

Según la norma NTE INEN 2604 se define al queso madurado como aquel queso sometido a maduración, o que no está listo para el consumo inmediatamente después de la fabricación, sino que debe mantenerse durante cierto tiempo a una

temperatura y en unas condiciones tales que se produzcan los cambios bioquímicos y físicos necesarios y característicos del queso en cuestión.



Figura 1. Quesos madurados

(<http://alimentacion.indukern.es>)

La proteólisis y posterior metabolismo de aminoácidos, que son las reacciones más complejas y quizás más importantes que ocurren durante la maduración de quesos tienen gran influencia sobre su aroma, sabor, textura y funcionalidad. Las reacciones primarias que ocurren en la proteólisis (degradación de las caseínas) suelen ser responsables de los cambios en la textura y funcionalidad, mientras que los cambios que impactan sobre el aroma y sabor se originan principalmente de las modificaciones que ocurren posteriormente sobre los productos de las reacciones primarias (McSweeney, 2011).

El efecto positivo del incremento de la proteólisis según Guinee (2002) es probablemente debido a la concomitante disminución en la continuidad de la matriz de la proteína y el incremento en la hidratación de la paracaseína, los cuales reducen el estrés requerido para causar el desplazamiento de las capas de la matriz de proteína en el proceso de fundido.

La proteólisis es uno de los principales factores que determinan la textura y las características organolépticas del queso madurado. La correcta degradación de las proteínas de la cuajada, principalmente de las caseínas en aminoácidos y pequeños péptidos, es absolutamente necesaria si se quiere obtener un producto final con características organolépticas adecuadas (Pritchard & Freebairn, 1994).

Muchos de estos productos de degradación son los responsables directos del sabor y aroma del queso o son precursores de este tipo de compuestos. Durante la etapa de maduración son varias las enzimas proteolíticas que actúan, como las proteinasas de la leche, el cuajo residual, las enzimas de la flora secundaria del

queso y, en mayor proporción, las proteinasas y peptidasas de los fermentos usados en la elaboración del queso (Pritchard & Freebairn, 1994).

2.1.4. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL QUESO PROCESADO CORTABLE

El queso procesado es elaborado por calentamiento y mezcla de queso, agua, sales emulsionantes (citrato de sodio, ortofosfatos de sodio o polifosfatos de sodio) y otros ingredientes opcionales como mantequilla y especias. Los constituyentes de la mezcla y las condiciones del proceso son seleccionados para obtener la estructura deseada, apariencia, color y a un costo aceptable (Schär & Bosset, 2002).

De acuerdo con Fox (2003) la elaboración de quesos procesados implica los siguientes pasos:

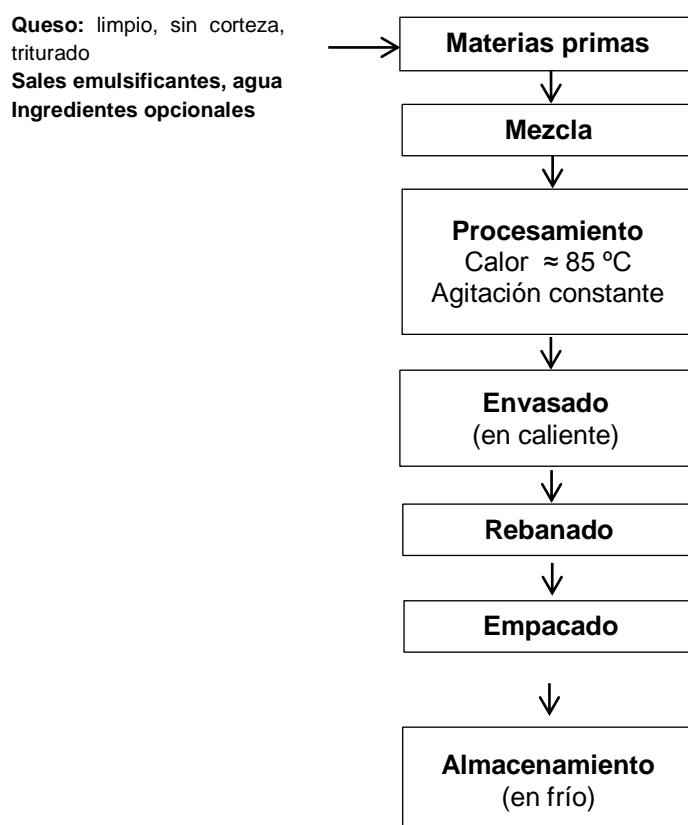


Diagrama 1. Diagrama de bloques para la elaboración de quesos procesados o fundidos



Fotografía 3. Trituración y mezcla de queso

Durante el procesamiento, el queso, constituido principalmente por paracaseinato de calcio insoluble y los glóbulos de grasa, son finalmente dispersos, homogenizados y convertidos dentro de un gel en el cual la grasa es emulsificada. Para la remoción del calcio de la estructura proteínica, las sales emulsionantes contribuyen a la dispersión de las proteínas y al mejoramiento de sus propiedades emulsificantes (Schär & Bosset, 2002).

2.1.4.1. Proceso de fundido

Según la norma INEN 2613, para desarrollar las características de los productos que respondan a la definición de quesos procesados o fundidos, deben calentarse completamente a una temperatura de 70 °C durante 30 segundos, o someterse a cualquier otra combinación equivalente o mayor de tiempo/temperatura.

McSweeney (2007) considera que el proceso de fundido tiene dos principales funciones:

1. Mata cualquier posible microorganismo patógeno y evita el deterioro en la mezcla, de este modo prolonga la vida útil del producto.
2. Facilita la interacción de los diferentes ingredientes de la mezcla y las interacciones fisicoquímicas-microestructurales necesarias para transformar la mezcla en un producto estable.

En investigaciones realizadas por Erazo (2012), al estudiar el efecto de las temperaturas de fundido en la elaboración de queso fundido untado sobre sus características fisicoquímicas y organolépticas concluye que la temperatura de fundido de 85 °C es la más recomendada para este tipo de quesos, ya que muestra mejoras perceptibles en la textura del queso.



Fotografía 4. Proceso de fundido y moldeado del queso procesado

En el proceso de fundido, la agitación juega un papel importante en el proceso, ya que según Ramirez (1981), al realizar un queso procesado, fundido a 82 °C con agitación constante, concluyó que esta produce un incremento en la emulsión de la grasa del queso obteniendo un producto homogéneo y con mejores características de fimeza.

2.1.4.2. Sales emulsionantes empleadas en los quesos fundidos

Las sales emulsionantes son de gran importancia para la elaboración de queso procesado por que tienen un efecto en las propiedades químicas, físicas y microbiológicas al final del producto. Las sales comúnmente más utilizadas para la fabricación de queso procesado incluyen citratos de sodio, ortofosfatos de sodio, pirofosfatos de sodio, tripolifosfatos de sodio, polifosfatos de sodio, fosfatos básicos de sodio o aluminio y mezclas de fosfatos. Estas sales en general deben tener un catión monovalente (es decir de sodio) y un anión polivalente (Caric, Gantar, & Kalab, 1985).

Tabla 4. Principales sales fundentes para quesos procesados

Grupo	Sal emulsionante	Fórmula	pH
Citratos	Citrato trisódico	$2.Na_3C_6H_5O_7.1H_2O$	6,23-6,26
Ortofosfatos	Fosfato monosódico	$NaH_2PO_4.2H_2O$	4,0-4,2
	Fosfato disódico	$Na_3HPO_4.12H_2O$	8,9-9,1
Pirofosfatos	Pirofosfato disódico	$Na_2 H_2P_2O_7$	4,0-4,5
	Pirofosfato trisódico	$Na_3HP_2O_7.9H_2O$	6,7-7,5
Polifosfatos	Tripolifosfato pentasódico	$Na_5P_5O_{10}$	9,3-9,5
	Hexametafosfato de sódio	$Na_{n+2}PnO_{3n+1}$ (n=10-25)	6,0-7,5
Fosfatos de aluminio	Fosfato de aluminio y sódio	$NaH_{14}Al_3(PO_4)_8.4H_8O$	8

(Fox, 2000)

Las sales promueven con ayuda de calor y cizallamiento, una serie de concertados cambios fisicoquímicos en la mezcla de queso que resultan en la rehidratación de la matriz paracaseínica y su conversión en un agente emulsionante activo. Estos cambios incluyen la retención de calcio, ajuste al alza y la estabilización (buffering) de pH, la hidratación de la paracaseína (solvatación), la dispersión-emulsión de grasa, y la formación estructural del queso después del enfriamiento (Fox, 2004).

Las sales emulsionantes no actúan directamente como emulsionantes, aumentan el potencial emulsionante de la caseína formando sales complejas solubles y paracaseinato alcalino soluble (Na, K) a partir de los cationes de la caseína que se hallan disponibles en el queso como paracaseinato de calcio insoluble. Por lo tanto, el paracaseinato alcalino soluble que se obtiene actúa como emulsionante y forma la emulsión (FAO & OMS, 2006).

El papel esencial de las sales fundentes en la elaboración de queso procesado es complementar la capacidad de emulsión de las proteínas del queso. Esto se logra por (Caric, Gantar, & Kalab, 1985):

- Extracción de calcio desde el sistema de la proteína
- Peptinización, solubilización y la dispersión de las proteínas
- Hidratación e hinchazón de las proteínas
- Emulsionar grasas y estabilizar las emulsiones
- Controlar el pH y estabilizarlo
- Formar una estructura apropiada después del enfriamiento

2.1.4.3. Secuestro del calcio

El aumento de la solubilidad en las moléculas de la proteína resulta en un incremento en la capacidad secuestrante de las sales emulsionantes después del calentamiento (Dimitreli & Thomareis, 2004), el secuestro del ion calcio en la elaboración de queso procesado por las sales fundentes, involucra el intercambio del Ca^{+2} de la matriz de la paracaseína por el Na^{+1} de la sal emulsionante, (Fox, 2000), este proceso resulta en:

- La ruptura parcial de la matriz paracaseínica debido a la desintegración de los flujos intra e interagregados y por consiguiente de los enlaces entre las hebras de la red de paracaseína.
- Una conversión subsiguiente del gel formado por la red de paracaseína cálcica en una dispersión (sol) de paracasinato de fósforo en mayor o menor grado dependiendo del tipo de sal.

Cuando la cantidad fosfato de calcio disminuye, la solubilidad de la caseína en el agua aumenta y entonces esta tiene capacidad de emulsionar. Cuando el calcio en el complejo paracaseinato de calcio es removido por la reacción de intercambio del ion iniciada por la adición de sales fundentes, la paracaseína insoluble es convertida en una forma soluble, la forma soluble más frecuente es caseinato de sodio, el sodio monovalente es proporcionado por el agente emulsificante (Caric, Gantar, & Kalab, 1985).

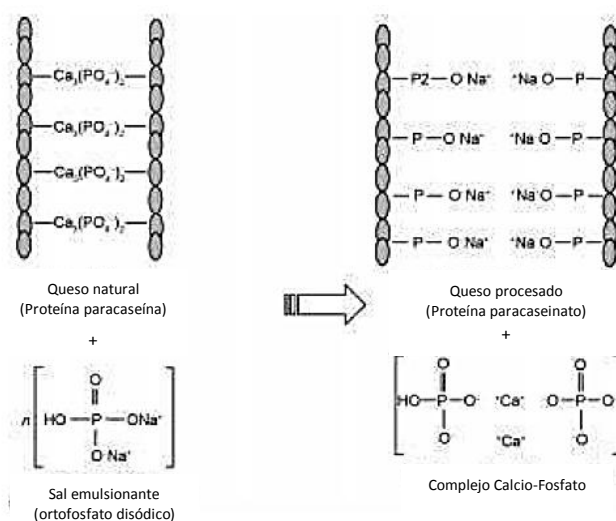


Figura 2. Secuestro del calcio por la sal emulsionante
(McSweeney, 2007)

2.1.4.4. Estabilización del pH

El pH del queso fundido está en un rango de 5,4 – 5,6 para los tipos destinados al tajado o rebanado. Las variaciones en el pH de la materia prima se ajustan mediante la mezcla de queso de diferente pH y la adición de emulsionantes/estabilizadores para ajustar el pH. Los emulsionantes/estabilizadores también se unen calcio, esto es necesario para estabilizar el queso de manera que no liberará humedad o grasa (Bylund, 2003).

Después del fundido y calentamiento, el equilibrio iónico y el mejoramiento del pH se presentan lentamente. Durante el almacenamiento, la pérdida de vapor y la hidrólisis de las sales fundentes influyen en el equilibrio iónico del queso procesado (Schär & Bosset, 2002; Gupta, Karahadian, & Lindsay, 1984).

2.1.5. PROPIEDADES FUNCIONALES DE LOS QUESOS PROCESADOS

Las propiedades funcionales de los quesos son un conjunto de indicadores que permiten cuantificar los requisitos de desempeño, de alguna manera estas se relacionan con las expectativas o la percepción que tiene el consumidor respecto al producto (Ramírez, 2010). Un queso funcional se puede describir como aquel que muestra las propiedades requeridas cuando el queso está fresco o caliente y de este modo contribuye a la formación y/o mejora de la calidad del producto en el cual es usado (Guinee, 2002). Las principales propiedades funcionales características de los quesos procesados cortables son:

1. Rebanabilidad o Tajabilidad
2. Capacidad de fusión y flujo
3. Liberación de aceite

2.1.5.1. Rebanabilidad o Tajabilidad

Según Ramírez (2010) la rebanabilidad o tajabilidad es la capacidad que un queso presenta para:

- a) Cortar limpiamente en rebanadas delgadas (lonchas o tajadas).
- b) Resistir la rotura, desmenuzado, pegado o fractura en los bordes de corte.
- c) Someterse a un alto nivel de flexión antes de romperse.

Algunos quesos que muestran esta propiedad son: doble crema, quesillo, tipo suizo, gouda, cheddar, provolone, quesos procesados y análogos de procesados.



Fotografía 5. Proceso de rebanado del queso procesado

2.1.5.2. Capacidad de fusión y flujo

Según Guinee (2002) la capacidad de fusión puede ser definida como la facilidad de extensión con la que el queso funde después del calentamiento, en otras palabras es el grado en que el queso fundido fluye y se extiende sobre la superficie después de ser sometido al calentamiento, algunos quesos que muestran esta propiedad son los quesos crema y los quesos de pasta hilada.

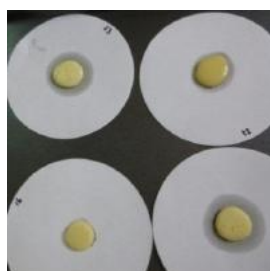


Figura 3. Capacidad de fusión del queso
(Ramírez, 2010)

2.1.5.3. Liberación de aceite

Es la capacidad del queso para liberar una pequeña cantidad de grasa libre cuando es calentado. La excesiva liberación de aceite genera un aspecto grasoso y una sensación indeseable en la boca. De acuerdo con Ramírez (2010) una moderada liberación de aceite contribuye a la capacidad de fusión, mediante la creación de una película hidrofóbica en la superficie del queso durante el horneado, dando un brillo atractivo y frenando la pérdida de humedad por evaporación.

En general, la liberación de aceite de los quesos de pasta hilada muestra un incremento con el aumento del contenido de grasa, disminución del contenido de sal, aumento del tiempo de almacenamiento y niveles de proteólisis, y una reducción substancial cuando la leche o la fracción de crema de la leche ha sido homogenizada antes de la elaboración del queso (Guinee, 2002).



Fotografía 6. Liberación de aceite en el queso

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La presente investigación se realizó en las Unidades Eduproductivas de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte, las cuales poseen las siguientes características:

Tabla 5. Características del área de estudio

Provincia:	Imbabura
Cantón:	Ibarra
Parroquia:	El Sagrario
Sitio:	Unidades Eduproductivas de Agroindustrias FICAYA – UTN
Altitud:	2250 m.s.n.m.
HR. Promedio:	73% anual
Temperatura media:	17,7 °C

(Estación experimental Yuyucocha)

3.2. MATERIA PRIMA, INSUMOS, REACTIVOS, MATERIALES Y EQUIPOS.

3.2.1. MATERIA PRIMA

- Cuajada acidificada con ácido cítrico partiendo de leche pasteurizada
- Cuajada acidificada con ácido cítrico partiendo de leche sin pasteurizar

- Cuajada acidificada con bacterias ácido lácticas partiendo de leche pasteurizada
- Queso semi maduro tipo Holandés

3.2.2. INSUMOS

- Sales emulsionantes (citrato de sodio y fosfato trisódico)

3.2.3. REACTIVOS

- Alcohol isoamílico
- Ácido sulfúrico

3.2.4. MATERIALES DE LABORATORIO Y DE PROCESAMIENTO

Se utilizaron materiales de laboratorio y materiales para el procesamiento de quesos, los cuales son detallados en el **Anexo No. 1**.

3.2.5. EQUIPOS DE LABORATORIO Y DE PROCESAMIENTO

Se utilizaron los equipos de laboratorio para la realización de análisis fisicoquímicos y equipos para el procesamiento de queso los mismos que se encuentran en el laboratorio de las Unidades Eduproductivas, detallados en el **Anexo No. 2**.

3.2. MÉTODOS

3.2.1. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA, FISICOQUÍMICA Y SENSORIAL DE LAS CUAJADAS ÁCIDAS.

Las cuajadas ácidas refrigeradas fueron evaluadas mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos, los cuales fueron llevados a cabo en el laboratorio de lácteos de las Unidades Eduproductivas, a excepción del análisis de salmonella a la leche, que se realizó en el laboratorio de análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la FICAYA, los métodos usados para la determinación de estos análisis se detallan a continuación:

Tabla 6. Análisis físico- químicos y microbiológicos a determinar en la materia prima

Análisis	Método	Unidad
Físico- químicos		
pH	NTE INEN-ISO 10523	Adimensional
Humedad	AOAC 930.15	Porcentaje
Grasa	NTE INEN 0064	Porcentaje
Microbiológicos		
Coliformes totales	AOAC 986.33 y 989.10	UFC/ g
<i>Staphylococcus aureus</i>	AOAC 2003.08	UFC/ g
Mohos y levaduras	AOAC 997.02	UFC/ g
Salmonella spp*	AOAC-RI 960801	Presencia/ ausencia

*Se realizó a la leche con la cual se realizaron las cuajadas

Se evaluaron las características organolépticas de las materias primas, por medio de un panel de degustación no entrenado, el cuál analizó atributos como: olor, color, sabor y textura en las muestras de cuajada ácida.

3.2.2. EVALUACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DE LOS TIPOS DE CUAJADAS ÁCIDAS REFRIGERADAS EN LA ELABORACIÓN DE QUESO PROCESADO CORTABLE.

Para evaluar la incorporación de los tres tipos de cuajadas en la elaboración de queso procesado cortable, se empleó un diseño experimental DCA (diseño completamente al azar), con arreglo factorial AxB, con dos factores de estudio (tipo de cuajada ácida, y porcentaje de incorporación en queso procesado) y tres repeticiones, el cual determinó la influencia de estos factores sobre las características fisicoquímicas y funcionales del queso procesado cortable, cuando se realiza la incorporación de las cuajadas conservadas en refrigeración durante 10, 20 y 30 días.

3.2.2.1. Factores en estudio

En la presente investigación se analizó dos factores en la elaboración de queso procesado cortable, los cuales son detallados a continuación:

FACTOR A: Tipo de cuajada ácida

A1: Cuajada acidificada con ácido cítrico partiendo de leche pasteurizada

A2: Cuajada acidificada con ácido cítrico partiendo de leche sin pasteurizar

A3: Cuajada acidificada con bacterias ácido lácticas partiendo de leche pasteurizada

FACTOR B: Porcentaje de incorporación de cuajada en el queso procesado

B1: 20%

B2: 30%

3.2.2.2. Tratamientos

Dados los 2 factores en estudio se procedió a la combinación de los mismos, de los cuales se obtuvo como resultado 6 tratamientos, siendo elaborados incorporando cuajada ácida refrigerada almacenada 10, 20 y 30 días, detallados a continuación:

Tabla 7. Tratamientos del experimento

Tratamiento	Factor A Tipo cuajada	Factor B Incorporación	Combinación
1	A1	B1	A1B1 (Cuajada ácida 1, 20%)
2	A1	B2	A1B2 (Cuajada ácida 1, 30%)
3	A2	B1	A2B1 (Cuajada ácida 2, 20%)
4	A2	B2	A2B2 (Cuajada ácida 2, 30%)
5	A3	B1	A3B1 (Cuajada ácida 3, 20%)
6	A3	B2	A3B2 (Cuajada ácida 3, 30%)

3.2.2.3. Modelo matemático

El modelo matemático empleado en el del diseño AxB se muestra a continuación:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + R_k + \varepsilon_{ij}$$

Donde

μ = efecto global

A_i = efecto del i-ésimo nivel del factor A; $i=1, \dots, a$

B_j = efecto del j-ésimo nivel del factor B; $j=1, \dots, b$

$(AB)_{ij}$ = efecto de la interacción entre los factores A y B

R_k = efecto de las replicaciones, $k=1, \dots, r$

ε_{ij} = residuo o error experimental

Este diseño permitió evaluar el efecto combinado de los dos factores sobre las características fisicoquímicas y funcionales del queso procesado cortable, evaluándose 6 tratamientos, con 3 repeticiones, correspondientes a 18 unidades experimentales, cada unidad experimental contó con un peso de 4 kilogramos.

3.2.2.4. Análisis de varianza

Para analizar los datos obtenidos de forma experimental se procedió a utilizar un Análisis de varianza (ADEVA).

Tabla 8. Esquema del ADEVA

FUENTES DE VARIACIÓN	GL
TOTAL	17
Tratamientos	5
Factor A	2
Factor B	1
AxB	2
Error experimental	12

3.2.2.5. Análisis funcional

Al detectarse diferencia significativa entre tratamientos se utilizó la prueba de Tukey (5%).

3.2.2.6. Variables de respuesta evaluadas

En la presente investigación se evaluó las siguientes variables funcionales y fisicoquímicas al producto final:

Tabla 9. Variables a evaluar en el producto final.

Variable	Método	Unidades
Rebanabilidad	Método empírico	Adimensional
Índice de fundido	Test de Schreiber modificado	Porcentaje
pH	NTE INEN-ISO 10523	Adimensional
Humedad	AOAC 930.15	Porcentaje

3.2.2.6.1. Determinación de la rebanabilidad

Para el rebanado del queso se empleó una rebanadora semi industrial de disco, con regulación manual para el grosor del rebanado, se procedió al corte con un grosor de 2 mm. Para la determinación de la capacidad de rebanado del queso procesado se empleó una escala de calificación, que puntuó los atributos más importantes que debe poseer el queso al momento de ser rebanado, estos atributos y la escala utilizada son detallados a continuación:

Tabla 10. Escala de calificación de atributos de rebanabilidad

Atributos a evaluar	Escala	Valor
Capacidad para cortar limpiamente en rebanadas	Alto	5
	Moderado	4
	Medio	3
	Regular	2
	Bajo	1
Capacidad para resistir la rotura, desmenuzado, pegado o fractura en los bordes de corte	Alto	5
	Moderado	4
	Medio	3
	Regular	2
	Bajo	1
Nivel de flexión antes de romperse	Alto	5
	Moderado	4
	Medio	3
	Regular	2
	Bajo	1

3.2.2.6.2. Determinación del índice de fundido

Para la determinación del índice de fundido se empleó el test modificado de Schreiber, el cual consiste en calentar discos de queso de 35 mm de diámetro y 5 mm de altura colocados en cajas Petri a 230 °C por 5 minutos, luego al ser enfriados a temperatura ambiente se registra el diámetro de queso fundido en 5 puntos diferentes (Altan, Turhan, & Gunasekaran, 2005). Los resultados se expresan como porcentaje de incremento en diámetro empleando la siguiente ecuación:

$$MD = \frac{D_t}{D_o} \times 100$$

Donde:

MD= Incremento de diámetro

D_t = Diámetro final

D_o = Diámetro inicial

3.2.3. CARACTERIZACIÓN EL QUESO PROCESADO CORTABLE MEDIANTE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS, FISICOQUÍMICOS Y SENSORIALES.

Se realizó los respectivos análisis fisicoquímicos y microbiológicos en el laboratorio de lácteos de las Unidades Eduproductivas, los métodos a usarse para la determinación de estas características se detallan a continuación:

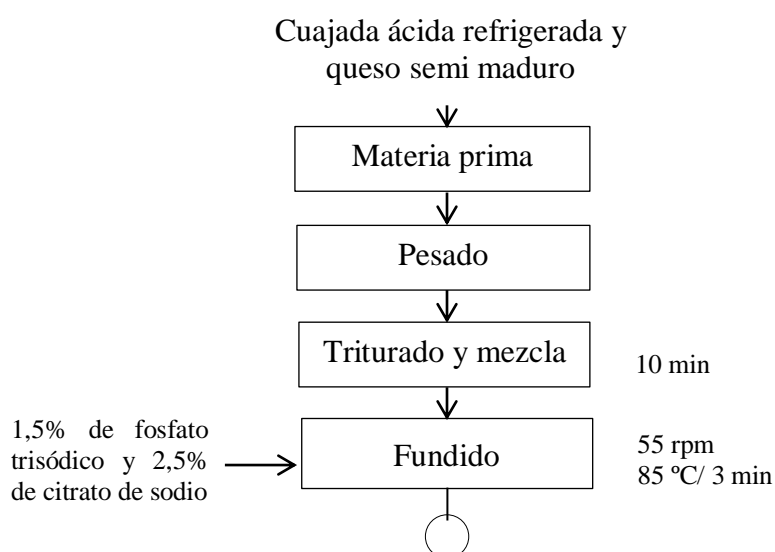
Tabla 11. Análisis físico-químicos y microbiológicos del producto terminado.

Análisis	Método	Unidad
Físico- químicos		
pH	NTE INEN-ISO 10523	Adimensional
Humedad	AOAC 930.15	Porcentaje
Grasa	NTE INEN 0064	Porcentaje
Microbiológicos		
Coliformes totales	AOAC 986.33 y 989.10	UFC/ g
<i>Staphylococcus aureus</i>	AOAC 2003.08	UFC/ g
Mohos y levaduras	AOAC 997.02	UFC/ g

Se evaluó las características organolépticas del producto por medio de un panel de degustación no entrenado con 10 participantes de edades entre 21 y 23 años, los cuales analizaron los siguientes atributos: olor, color, sabor y textura en las muestras de queso procesado. La información fue analizada por el método de Friedman al 5%.

3.2.4. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

Para la elaboración de queso procesado cortable se empleó queso semi maduro tipo Holandés y cuajadas ácidas refrigeradas, el proceso de fundido se llevó a cabo en una marmita abierta de 10 kg de capacidad con agitación constante (55 rpm), en la cual se añadió a la mezcla 1,5% de fosfato trisódico y 2,5% de citrato de sodio previamente disueltas por separado en 200cc de agua a 40 °C respectivamente, en el siguiente diagrama se detalla el proceso de elaboración de queso procesado cortable.



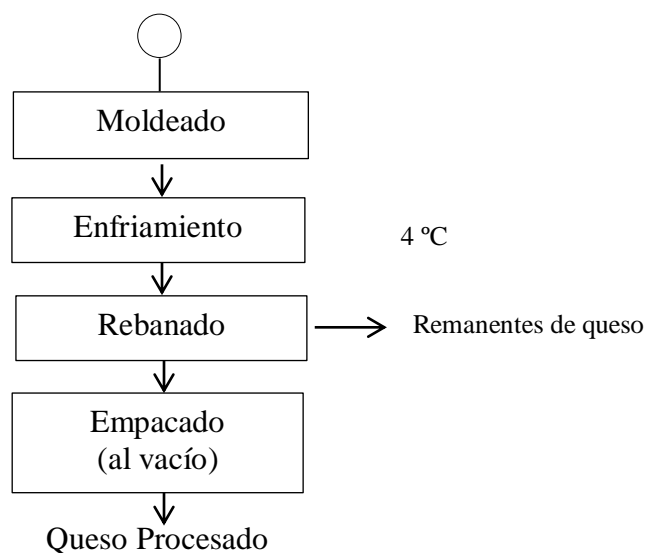


Diagrama 2. Elaboración del queso procesado cortable

3.2.4.3. Balance de materiales del queso procesado cortable

Cuajada ácida refrigerada y queso semi maduro

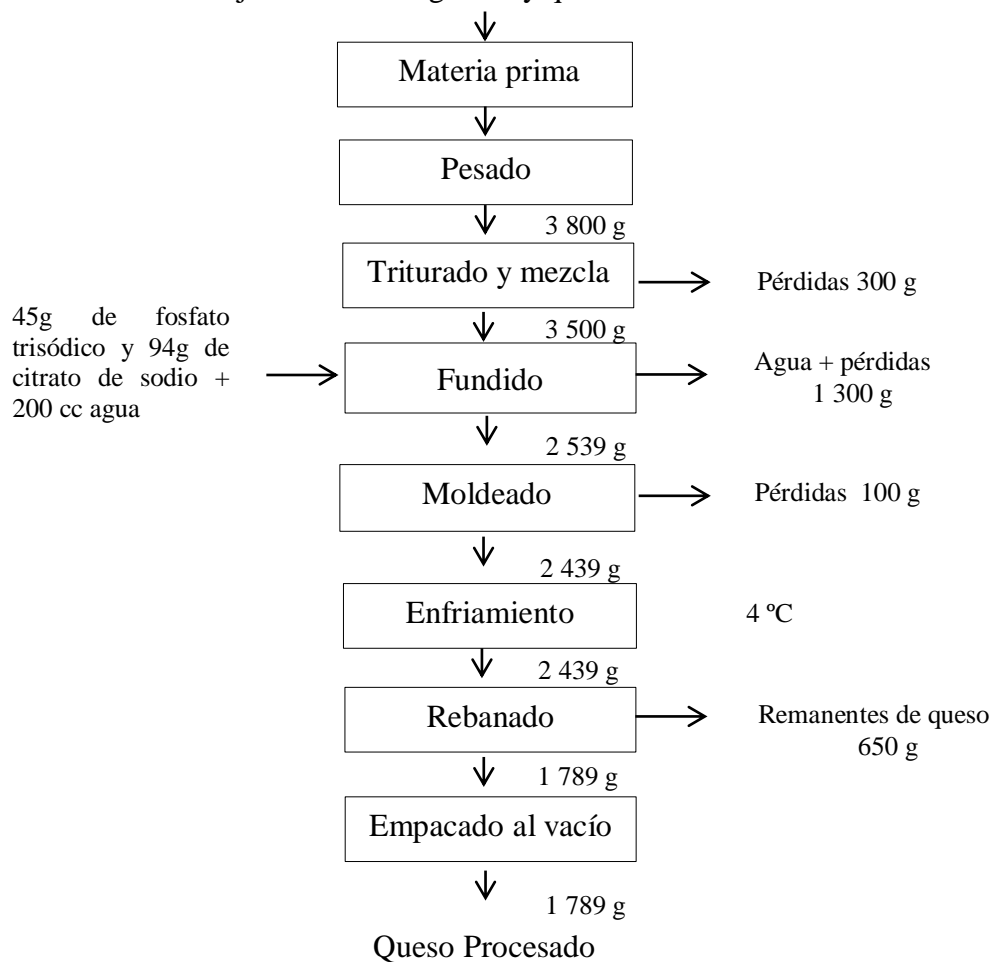


Diagrama 3. Balance de materiales de la elaboración del queso procesado cortable

3.2.4.4. Diagrama ISO del queso procesado cortable

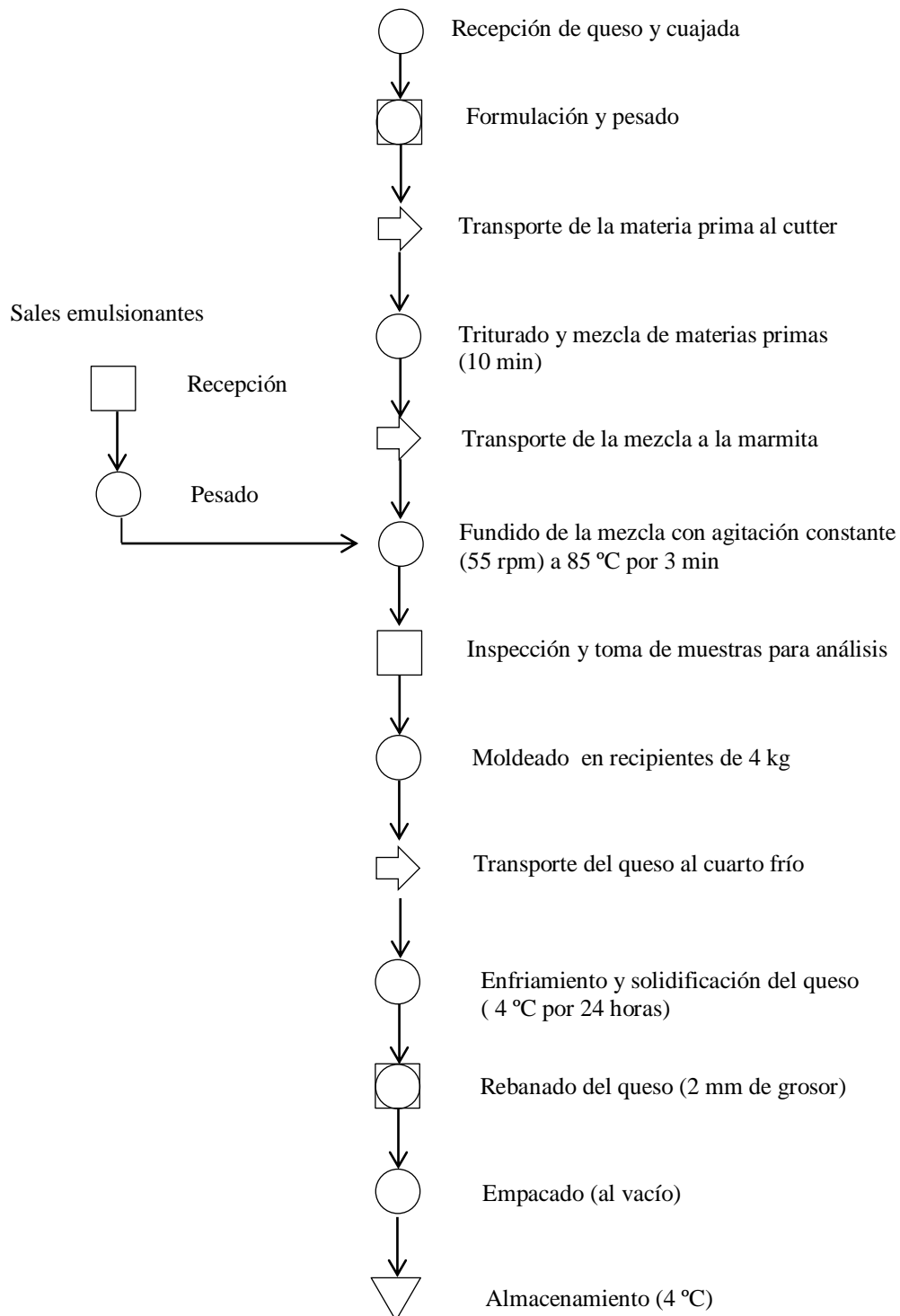


Diagrama 4. Diagrama ISO de la elaboración de queso procesado cortable

3.2.4.5. Descripción del proceso

3.2.4.5.1. Recepción del queso semimaduro tipo Holandés y cuajadas ácidas

Se recibió los recortes de quesos semi maduros tipo Holandés con buenas características microbiológicas, fisicoquímicas y organolépticas, de igual manera se recibieron las cuajadas previamente realizada su caracterizadas fisicoquímica (pH, humedad y grasa) y microbiológica (coliformes totales, *Staphylococcus aureus*, mohos y levaduras) para ser usadas en el proceso de fundido.



Fotografía 7. Recepción de queso semi maduro y cuajadas ácidas

3.2.4.5.2. Pesado

Se pesó los recortes de quesos semi madurados y las cuajadas de acuerdo a la formulación establecida, para esto se utilizó una balanza de 25 kilogramos de capacidad.



Fotografía 8. Pesado de queso semi maduro y cuajadas

3.2.4.5.3. Triturado

Se procedió a triturar el queso semi madurado conjuntamente con la cuajada, con la ayuda de un cutter para facilitar el proceso de fundido al reducir el tamaño del queso y cuajada formando una mezcla homogénea.



Fotografía 9. Triturado de la mezcla de queso y cuajada ácida

3.2.4.5.4. Fundido

Se empezó el proceso de fundido de la mezcla con agitación constante (55 rpm) añadiendo poco a poco las sales emulsionantes previamente disueltas en agua, las cuales fueron calculadas en base al peso de la materia prima, manteniendo la agitación constantemente para asegurar la correcta distribución de los aditivos. Se continuó con la agitación y calentamiento de la mezcla de quesos hasta que la temperatura interna llegó a los 85 °C por 2-5 minutos.



Fotografía 10. Proceso de fundido del queso

3.2.4.5.5. Moldeado y enfriado

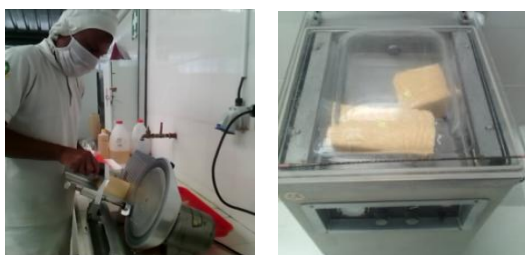
Se moldeó los quesos procesados cortables estableciendo un peso de 4kg por queso, posteriormente se llevó a refrigeración (4 °C) en donde se solidificó dando el aspecto y textura deseados.



Fotografía 11. Moldeado del queso procesado

3.2.4.5.6. Rebanado y empacado al vacío

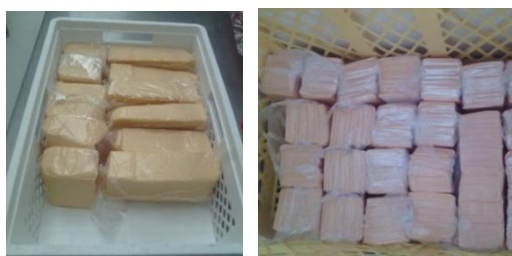
Una vez enfriados (4 °C) y solidificado los quesos, se procedió al rebanado o lonchado, el grosor de las loncha fue de 2 mm aproximadamente, esto se realizó con ayuda de una rebanadora semi industrial de disco, posterior al corte se empacó al vacío las lonchas en fundas plásticas de alta densidad y con laminas plásticas entre cada loncha .



Fotografía 12. Rebanado y empacado del queso procesado

3.2.4.5.7. Almacenado

El producto final fue almacenado en refrigeración a una temperatura de 4 °C.



Fotografía 13. Almacenamiento del queso procesado empacado

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA, FISICOQUÍMICA Y SENSORIAL DE LAS CUAJADAS ÁCIDAS.

Para el desarrollo de esta investigación se elaboraron tres tipos de cuajadas ácidas detalladas a continuación:

C1: Cuajada acidificada con ácido cítrico partiendo de leche pasteurizada

C2: Cuajada acidificada con ácido cítrico partiendo de leche sin pasteurizar

C3: Cuajada acidificada con bacterias ácido lácticas partiendo de leche pasteurizada

Posterior a la elaboración de las cuajadas ácidas se realizó los análisis de sus características fisicoquímicas detalladas en la **Tabla 6**. Las cuajadas ácidas fueron almacenadas en refrigeración a 4 °C (± 2), tomando muestras a los 10, 20 y 30 días de almacenamiento y analizando sus características fisicoquímicas durante este tiempo.

Tabla 6. Resultados de análisis fisicoquímicos de cuajadas ácidas

Cuajada	pH	Humedad (%)	Grasa (%)
C1	5,82	48,35	22
C2	5,68	50,25	21
C3	5,8	48,02	25,5

C1: Cuajada acidificada con ácido cítrico partiendo de leche pasteurizada

C2: Cuajada acidificada con ácido cítrico partiendo de leche sin pasteurizar

C3: Cuajada acidificada con bacterias ácido lácticas partiendo de leche pasteurizada

De acuerdo con Guinee (2002) el procesamiento convencional de quesos de pasta hilada da como resultado un descenso del pH de la cuajada a valores en un rango de 5,3-5,1, en la presente investigación se elevaron los valores del pH, pruebas previas de almacenamiento de cuajadas ácidas en refrigeración demostraron un considerable descenso del pH y una elevada proteólisis evidenciada por la pérdida de firmeza al tacto de las cuajadas a los pocos días de almacenamiento, por lo que se tomó la decisión de elevar el pH inicial de las cuajadas con un lavado final, tomando como referencia el trabajo de Feeney, Guinee, y Fox (2002) en el que se constató que un incremento en el pH de 5,5 a 5,8 en la cuajada resultó en una disminución en la proteólisis primaria del queso durante su almacenamiento, debido a la reducida acción del pH sobre la hidrólisis de la proteína láctea a valores altos. El lavado final contribuyó en la disminución de la temperatura de la cuajada de 30 °C a 22 °C al ingreso de esta en almacenamiento.

4.1.1. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y SENSORIAL DE LAS CUAJADAS ÁCIDAS.

El seguimiento microbiológico se realizó en una investigación paralela a esta, en la cual se pudo evidenciar que las cuajadas elaboradas con leche pasteurizada alcanzaron una aceptabilidad microbiológica hasta los 20 días de almacenamiento, mientras que la elaborada con leche sin pasteurizar fue hasta los 5 días, la decisión se tomó en referencia a los límites microbiológicos establecidos en la norma INEN 1528 y la Norma oficial Mexicana 121-SSA1-1994, las cuales hacen referencia a la calidad de quesos frescos no madurados, los resultados del seguimiento microbiológico son detallados en el **Anexo 3**.

Los análisis de salmonella en la leche resultaron negativos, en la muestra analizada según el método AOAC-RI 960801.

Se realizó el análisis sensorial de cuatro atributos sensoriales de las cuajadas ácidas refrigeradas: color, olor, sabor y textura, por medio de un panel de degustación no entrenado, mediante una prueba de aceptación, de la cual se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 12. Resumen del porcentaje de aceptación de los atributos sensorial de las cuajadas ácidas

Cuajada	Atributo	Días de almacenamiento		
		10	20	30
C1	Color	100	60	30
	Olor	100	30	10
	Sabor	100	30	0
	Textura	100	20	0
C2	Color	50	20	20
	Olor	20	0	0
	Sabor	0	0	0
	Textura	10	0	0
C3	Color	100	80	30
	Olor	100	60	0
	Sabor	80	20	0
	Textura	80	30	0

C1: Cuajada acidificada con ácido cítrico partiendo de leche pasteurizada

C2: Cuajada acidificada con ácido cítrico partiendo de leche sin pasteurizar

C3: Cuajada acidificada con bacterias ácido lácticas partiendo de leche pasteurizada

La cuajada **C1** y **C3** obtuvieron mayor porcentaje de aceptación hasta el día 20 de su almacenamiento en atributos sensoriales de sabor y olor. De acuerdo con estudios de Sánchez y Morales (2011) en quesos almacenados en refrigeración, se evidencia una progresiva proteólisis con el paso del tiempo debido a la ruptura de las bandas de caseína produciendo fragmentos de proteína, los cuales por la acción microbiana son transformados en aminoácidos libres, que generan atributos sensoriales poco deseables en la cuajada, como olores fuertes y sabores desagradables (Ricciardi, et.al, 2015), la presencia de estos determinaron un tiempo de 20 días máximo de almacenamiento, el cual es semejante al periodo de aceptabilidad microbiológica.

4.1.2. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FISICOQUÍMICA DE LAS CUAJADAS ÁCIDAS.

Se realizaron análisis fisicoquímicos de pH, humedad y grasa a las cuajadas ácidas previa su incorporación en la elaboración de queso procesado cortable, los cuales se resumen en la **Tabla 13**, mostrando una tendencia decreciente (pH y humedad) conforme el paso de los días de su almacenamiento en refrigeración **Anexo 4**.

Tabla 13. Análisis fisicoquímicos a las cuajadas durante su almacenamiento en refrigeración

Análisis	Cuajada	Días de almacenamiento		
		10	20	30
pH	C1	5,64	5,41	5,01
	C2	4,9	4,65	4,35
	C3	5,62	5,43	4,9
Humedad (%)	C1	46,79	45,3	40,2
	C2	47,93	45,55	41,32
	C3	46,15	44,17	39,2
Grasa (%)	C1	23	24	24
	C2	22	22,5	23
	C3	26	27	27

C1: Cuajada acidificada con ácido cítrico partiendo de leche pasteurizada

C2: Cuajada acidificada con ácido cítrico partiendo de leche sin pasteurizar

C3: Cuajada acidificada con bacterias ácido lácticas partiendo de leche pasteurizada

Los resultados obtenidos concuerdan con el trabajo realizado por Sánchez y Morales (2011), sobre la proteólisis y lipólisis de los quesos almacenados, al igual que en esta investigación se evidenció el descenso del pH y humedad. El descenso de pH fue reportado debido al aumento de la actividad microbiana y al proceso de proteólisis desarrollado durante el tiempo de almacenamiento. La humedad evidenció un descenso durante el almacenamiento debido a la continua liberación de suero que presentaron las cuajadas y la deshidratación en almacenamiento, esta reducción de humedad resulta en un aumento en la concentración de sólidos en la cuajada, haciendo que los valores de materia grasa aumenten, de acuerdo con Dave, Oberg y McMahon (2003) un alto contenido de grasa en los queso promueve la hidrólisis de la proteína láctea acelerando el proceso de proteólisis con relación a los queso realizados con leche baja en grasa. En ambos estudios se pudo constatar la ruptura de las bandas de caseína formando

fragmentos de proteína, este efecto está ligado a importantes factores como: el efecto residual del cuajo, el porcentaje de grasa y el pH.

4.1.3. ELABORACIÓN DEL QUESO PROCESADO CORTABLE

Para la formulación y elaboración del queso procesado cortable se tomó como referencia la metodología propuesta por Fox (2000) y la FAO (1985), a la cual se le hicieron varios ajustes para adaptar esta metodología al equipo y las condiciones de la investigación.

Tabla 14. Parámetros establecidos en la elaboración de queso procesado

Parámetro	Valor	Unidad
Cantidad de citrato de sodio	2,5	Porcentaje (%)
Cantidad de fosfato trisódico	1,5	Porcentaje (%)
Temperatura de fundido	85	° Celsius
Tiempo de fundido	3	Minutos
Velocidad de agitación	55	Revoluciones por minuto

Con la combinación del tiempo y temperatura (85 °C, 3min) se obtuvo un queso procesado firme al tacto, cortado limpiamente en rebanadas y con buena capacidad para resistir la rotura, dentro de un rango de humedad de 40 a 45%, que según con la FAO (1985) corresponde a este tipo de queso procesado, de igual manera como resultado estabilizador (buffering) de las sales emulsionantes empleadas en los porcentajes detallados en la **Tabla 14**, se obtuvieron quesos procesados con un pH promedio de 5,8 que según Bylund (2003) están dentro de los rangos de pH (5,5-5,8) característico del queso cortable.

4.2. RESULTADO DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Como herramienta estadística se empleó un diseño experimental DCA (diseño completamente al azar), con arreglo factorial AxB, con dos factores de estudio (tipo de cuajada ácida, y porcentaje de incorporación en queso procesado) y tres repeticiones, el cual determinó la influencia de estos factores sobre las variables de respuesta: pH, humedad y rebanabilidad, cuando se realiza la incorporación de las cuajadas conservadas en refrigeración durante 10, 20 y 30 días. Los datos son analizados y presentados en la siguiente tabla:

Tabla 15. Análisis de varianza de los datos obtenidos

FV	GL	SC	CM	FC	FT		
					.05	.01	
Total	-	-	-	-	-	-	
Tratamientos	-	-	-	-	-	-	*
A	-	-	-	-	-	-	**
B	-	-	-	-	-	-	NS
AxB	-	-	-	-	-	-	
E. Exp	-	-	-	-	-	-	

FV: Fuente de variación GL: Grados de libertad SC: Suma de cuadrados CM: Cuadrado medio FC: Frecuencia calculada FT: Frecuencia tabulada A: Tipo de cuajada, B: Porcentaje de incorporación AxB: Interacción de los factores E.Exp: Error experimental NS: No significativo, *Significativo al 1%, **Significativo al 5%.

4.2.1. VARIABLES DE RESPUESTA EVALUADAS

4.2.1.1. Variable de respuesta pH

El pH fue tomado inmediatamente terminado el proceso de fundido con la ayuda de un potenciómetro, este contribuye con atributos específicos de gomosidad y fragilidad en el rebanado del queso procesado. El pH final del queso está directamente relacionado por los valores de las materias primas a utilizarse, debiéndose tomar en cuenta este parámetro para la formulación del queso procesado cortable.

4.2.1.1.1. Análisis de varianza del pH de la primera incorporación de cuajada

La primera incorporación de la cuajada ácida almacenada 10 días en refrigeración en la elaboración de queso procesado cortable proporcionó como resultado los siguientes datos:

Tabla 16. Análisis de varianza del pH de queso procesado cortable primera incorporación

FV	GL	SC	CM	FC	FT		
					.05	.01	
Total	17	3745,37					
Tratamientos	5	3745,08	749,02	30900,64	3,11	5,32	**
A	2	0,13	0,06	2,63	3,89	6,93	NS
B	1	0,28	0,28	11,60	4,75	9,33	**
AxB	2	3744,67	1872,34	77243,18	3,89	6,93	**
E. Exp	12	0,29	0,02				

A: Tipo de cuajada, B: Porcentaje de incorporación. NS: No significativo, *Significativo al 1%, **Significativo al 5%.

Para el factor A se acepta la hipótesis nula, el tipo de cuajada en la incorporación a los 10 días de su almacenamiento en refrigeración no afectó el pH final del queso procesado, para el factor B se determinó alta significancia estadística, el

porcentaje de incorporación si afectó el valor del pH, de igual manera la interacción entre el tipo de cuajada y su porcentaje de incorporación resultó con alta significancia estadística. El coeficiente de variación mostró que el pH de los quesos procesados vario un 0,21%.

Al encontrarse significancia estadística en los tratamientos se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% (Tabla 17).

Tabla 17. Prueba de Tukey al 5% de significancia para el pH de los quesos procesados primera incorporación

Tratamiento	Media	Rango
T1	6,06	a
T3	6,00	a
T5	5,98	a
T2	5,95	a
T6	5,70	a
T4	5,64	b

Con la prueba de Tukey se obtuvo que los tratamientos **T1, T3, T5, T2 y T6** son iguales estadísticamente con respecto al pH final del queso, estos tratamientos están sobre el límite mínimo de pH que caracterizan a este tipo de queso (Bylund, 2003).

4.2.1.1.2. Análisis de varianza del pH de la segunda incorporación de cuajada

De la segunda incorporación de la cuajada ácida almacenada 20 días en refrigeración en la elaboración de queso procesado cortable se obtuvo como resultado los siguientes datos:

Tabla 18. Análisis de varianza del pH de queso procesado cortable segunda incorporación

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					.05	.01
Total	17	3837,18				
Tratamientos	5	3837,13	767,43	190038,08	3,11	5,32
A	2	0,03	0,01	3,15	3,89	6,93
B	1	0,03	0,03	8,30	4,75	9,33
AxB	2	3837,07	1918,53	475087,91	3,89	6,93
E. Exp	12	0,05	0,004			

A: tipo de cuajada, B: porcentaje de incorporación. NS: no significativo, *Significativo al 1%, **Significativo al 5%.

Para el factor A se acepta la hipótesis nula, el tipo de cuajada en la incorporación a los 20 días de su almacenamiento en refrigeración no afectó el pH final del queso procesado, para el factor B se determinó significancia estadística, el

porcentaje de incorporación si afectó el valor del pH, de igual manera la interacción entre el tipo de cuajada y su porcentaje de incorporación resultó con alta significancia estadística. El coeficiente de variación mostró que el pH de los quesos procesados vario un 0,03%.

Al encontrarse significancia estadística en los tratamientos se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% (Tabla 19).

Tabla 19. Prueba de Tukey al 5% de significancia para el pH de los quesos procesados segunda incorporación

Tratamiento	Media	Rango
T1	6,06	a
T5	6,05	a
T6	5,95	a
T3	5,91	b
T4	5,91	b
T2	5,89	b

Con la prueba de Tukey se obtuvo que los tratamientos **T1**, **T5** y **T6** son iguales estadísticamente con respecto al pH final del queso, en esta incorporación se obtuvo que todos los tratamientos están sobre el rango mínimo de pH que caracterizan a este tipo de queso (Bylund, 2003).

4.2.1.1.3. Análisis de varianza del pH de la tercera incorporación de cuajada

La tercera incorporación de la cuajada ácida almacenada 30 días en refrigeración en la elaboración de queso procesado cortable proporcionó como resultado los siguientes datos:

Tabla 20. Análisis de varianza del pH de queso procesado cortable tercera incorporación

FV	GL	SC	CM	FC	FT		
					.05	.01	
Total	17	3667,94					
Tratamientos	5	3667,91	733,58	294889,37	3,11	5,32	**
A	2	0,60	0,30	120,22	3,89	6,93	**
B	1	0,05	0,05	20,16	4,75	9,33	**
AxB	2	3667,27	1833,63	737093,12	3,89	6,93	**
E. Exp	12	0,03	0,0025				

A: tipo de cuajada, B: porcentaje de incorporación. NS: no significativo, *Significativo al 1%, **Significativo al 5%.

Para el factor A se acepta la hipótesis alternativa, el tipo de cuajada en la incorporación a los 30 días de su almacenamiento en refrigeración afectó el pH final del queso procesado, de igual manera en el factor B se determinó alta significancia estadística, el porcentaje de incorporación si afectó el valor del pH,

también la interacción entre el tipo de cuajada y su porcentaje de incorporación resultó con alta significancia estadística. El coeficiente de variación mostró que el pH de los quesos procesados tuvo una variación de 0,021%.

Al encontrarse significancia estadística en los tratamientos se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% (Tabla 21).

Tabla 21. Prueba de Tukey al 5% de significancia para el pH de los quesos procesados tercera incorporación

Tratamiento	Media	Rango
T1	6,06	a
T2	6,06	a
T6	6,06	a
T3	5,72	b
T5	5,54	c
T4	5,51	c

Con la prueba de Tukey se obtuvo que los tratamientos **T1**, **T2** y **T6** son iguales estadísticamente con respecto al pH final del queso, estos tratamientos están sobre el límite mínimo de pH que caracterizan a este tipo de queso (Bylund, 2003).

4.2.1.1.4. Comparación de los valores de pH resultantes en las tres incorporaciones

La variación en el pH de las cuajadas ácidas durante su almacenamiento afecta directamente al pH del queso procesado resultante, mostrando la misma variación en los quesos obtenidos, este parámetro junto con la humedad influyen en la rebanabilidad del queso, propiedad funcional que caracteriza este producto.

De acuerdo con McSweeney (2007), si se elabora un queso procesado partiendo de una materia prima con un pH demasiado bajo o demasiado alto se obtendrá como resultado quesos con defectos de textura quebradiza o muy suave.

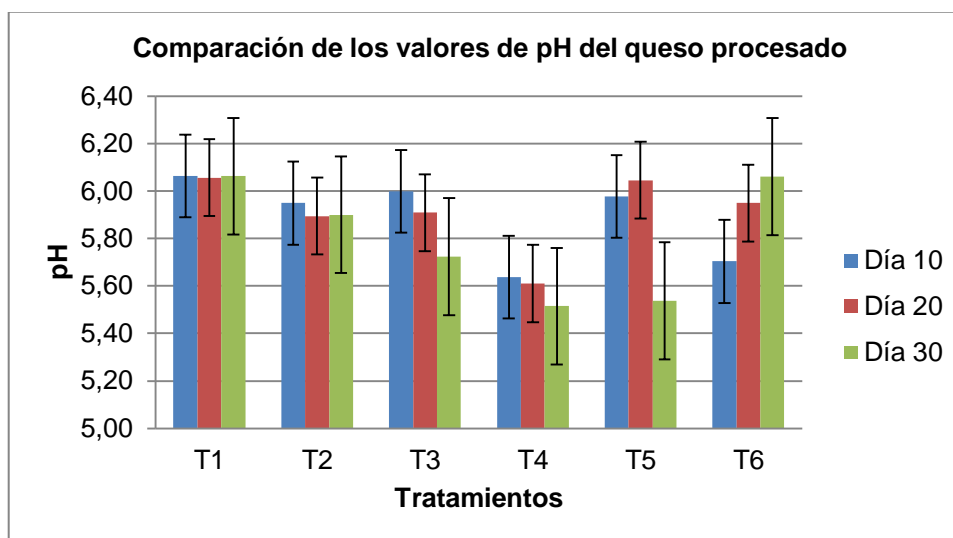


Gráfico 1. Comparación de los valores de pH del queso procesado obtenidos a partir de cuajada refrigerada por 10, 20 y 30 días.

El tratamiento **T1** (cuajada acidificada con ácido cítrico partiendo de leche pasteurizada, 20% de incorporación) y **T2** (cuajada acidificada con ácido cítrico partiendo de leche pasteurizada, 30% de incorporación), presentaron valores de pH de $5,9 \pm 0,12$ en las tres incorporaciones realizadas, valores que están en el rango de pH que caracteriza a este tipo de queso (Bylund, 2003) (FAO, 1985) (Fox, 2000). La estabilidad del pH en estos tratamientos se debe a que parten de cuajadas ácidas elaboradas con leche pasteurizada, al someter la leche a este tratamiento térmico se obtuvo posteriormente una cuajada con baja carga microbiana, mismas que no han presentado un descenso del pH significativo en su valor (<1) durante su almacenamiento,.

4.2.2.2. Variable de respuesta Humedad

La humedad fue tomada inmediatamente terminado el proceso de fundido con la ayuda de una balanza infrarroja, la humedad contribuye con atributos de dureza y elasticidad del queso procesado, está directamente influenciado por los valores de humedad de las materias primas a utilizarse y el tiempo de fundido, debiéndose tomar en cuenta este parámetro para la elaboración del queso procesado cortable.

4.2.2.2.1. Análisis de varianza de la humedad en la primera incorporación

La primera incorporación de la cuajada ácida almacenada 10 días en refrigeración en la elaboración de queso procesado cortable proporcionó como resultado los siguientes datos:

Tabla 22. Análisis de varianza de humedad del queso procesado cortable primera incorporación

FV	GL	SC	CM	FC	FT		
					.05	.01	
Total	17	177279,34					
Tratamientos	5	177266,50	35453,30	33132,03	3,11	5,32	**
A	2	11,78	5,89	5,50	3,89	6,93	*
B	1	53,29	53,29	49,80	4,75	9,33	**
AxB	2	177201,43	88600,72	82799,68	3,89	6,93	**
E. Exp	12	12,84	1,07				

A: tipo de cuajada, B: porcentaje de incorporación. NS: no significativo, *Significativo al 1%, **Significativo al 5%.

Para el factor A se acepta la hipótesis alternativa, el tipo de cuajada en la incorporación a los 10 días de su almacenamiento en refrigeración afectó significativamente a la humedad final del queso procesado, de igual manera en el factor B se determinó alta significancia estadística, el porcentaje de incorporación afectó el valor de la humedad, así también la interacción entre el tipo de cuajada y su porcentaje de incorporación resultó con alta significancia estadística. El coeficiente de variación mostró una variación entre los tratamientos de 1,33%.

Al encontrarse significancia estadística en los tratamientos se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% (Tabla 23).

Tabla 23. Prueba de Tukey al 5% de significancia para la humedad de los quesos primera incorporación

Tratamiento	Media	Rango
T3	43,67	a
T5	41,75	a
T1	41,27	b
T4	39,61	b
T6	38,42	b
T2	38,33	b

Con la prueba de Tukey se obtuvo que los tratamientos **T3** y **T5** son iguales estadísticamente con respecto a la humedad final del queso, estos tratamientos están dentro del rango de humedad que caracteriza a este tipo de queso (>40%) (Bylund, 2003) (FAO, 1985) (Fox, 2000).

4.2.2.2.2. Análisis de varianza de la humedad en la segunda incorporación

La segunda incorporación de la cuajada ácida almacenada 20 días en refrigeración en la elaboración de queso procesado cortable proporcionó como resultado los siguientes datos:

Tabla 24. Análisis de varianza de humedad del queso procesado cortable segunda incorporación

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					.05	.01
Total	17	184248,17				
Tratamientos	5	184233,58	36846,72	30306,98	3,11	5,32
A	2	25,20	12,60	10,36	3,89	6,93
B	1	0,00	0,00	0,00	4,75	9,33
AxB	2	184208,38	92104,19	75757,08	3,89	6,93
E. Exp	12	14,59	1,22			

A: tipo de cuajada, B: porcentaje de incorporación. NS: no significativo, *Significativo al 1%, **Significativo al 5%.

Para el factor B se acepta la hipótesis nula, el porcentaje de incorporación de la cuajada almacenada en refrigeración por 20 días no afectó a la humedad final del queso procesado, para el factor A se determinó significancia estadística, el tipo de cuajada ácida afectó el valor de la humedad final, así también la interacción entre el tipo de cuajada y su porcentaje de incorporación resultó con alta significancia estadística. El coeficiente de variación mostró que la humedad de los quesos procesados varió un 1,47%.

Al encontrarse significancia estadística en los tratamientos se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% (Tabla 25).

Tabla 25. Prueba de Tukey al 5% de significancia para la humedad de los quesos procesados segunda incorporación

Tratamiento	Media	Rango
T2	43,13	a
T1	42,51	a
T6	42,37	a
T3	41,46	a
T5	39,91	b
T4	38,41	b

Con la prueba de Tukey se obtuvo que los tratamientos **T2**, **T1**, **T6** y **T3** son iguales estadísticamente con respecto a la humedad final del queso, estos tratamientos están dentro del rango de humedad que caracteriza a este tipo de queso (>40%) (Bylund, 2003) (FAO, 1985) (Fox, 2000).

4.2.2.2.3. Análisis de varianza de la humedad en la tercera incorporación

La tercera incorporación de la cuajada ácida almacenada 30 días en refrigeración en la elaboración de queso procesado cortable proporcionó como resultado los siguientes datos:

Tabla 26. Análisis de varianza de humedad del queso procesado cortable tercera incorporación

FV	GL	SC	CM	FC	FT		
					.05	.01	
Total	17	154150,52					
Tratamientos	5	154149,16	30829,83	270846,29	3,11	5,32	**
A	2	3,04	1,52	13,36	3,89	6,93	**
B	1	23,14	23,14	203,31	4,75	9,33	**
AxB	2	154122,98	77061,49	677000,72	3,89	6,93	**
E. Exp	12	1,37	0,11				

A: tipo de cuajada, B: porcentaje de incorporación. NS: no significativo, *Significativo al 1%, **Significativo al 5%.

Para los factores A y B se acepta la hipótesis alternativa, el tipo de cuajada y el porcentaje de incorporación de la cuajada almacenada en refrigeración 30 días afectó a la humedad final del queso procesado de forma altamente significativa, así también la interacción entre el tipo de cuajada y su porcentaje de incorporación mostró alta significancia estadística. El coeficiente de variación mostro que la humedad de los quesos procesados vario un 0,15%.

Al encontrarse significancia estadística en los tratamientos se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% (Tabla 27).

Tabla 27. Prueba de Tukey al 5% de significancia para la humedad de los quesos procesados tercera incorporación

Tratamiento	Media	Rango
T4	39,89	a
T6	38,82	b
T1	38,67	b
T2	38,02	b
T5	35,96	c
T3	35,29	c

Con la prueba de Tukey se obtuvo que el tratamientos **T4** tiene diferencia significativa frente a los otros tratamientos, y que solo este está dentro del rango de humedad que caracteriza a este tipo de queso (>40%) (Bylund, 2003) (FAO, 1985) (Fox, 2000).

4.2.1.2.4. Comparación de los valores de humedad resultantes en las tres incorporaciones

La variación de humedad en las cuajadas ácidas durante su almacenamiento afecta directamente a la humedad del queso procesado resultante, mostrando la misma variación en los quesos obtenidos, este parámetro junto con el pH influye en la rebanabilidad del queso, propiedad funcional que caracteriza este producto.

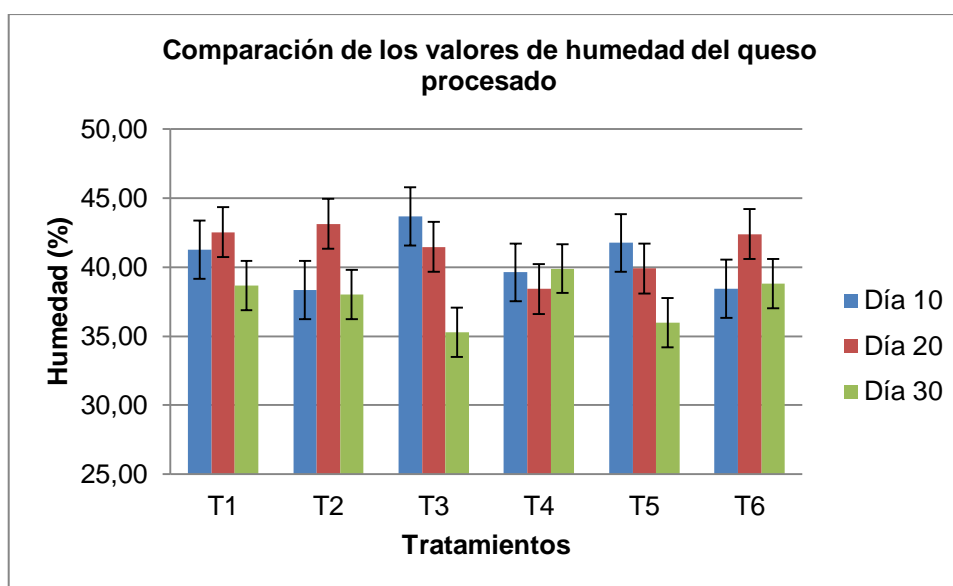


Gráfico 2. Comparación de los valores de humedad del queso procesado obtenidos a partir de cuajada refrigerada por 10, 20 y 30 días.

El tratamiento **T1** (cuajada acidificada con ácido cítrico partiendo de leche pasteurizada, 20% de incorporación) **T3** (cuajada acidificada con ácido cítrico partiendo de leche sin pasteurizar, 20% de incorporación) y **T5** (cuajada acidificada con bacterias ácido lácticas partiendo de leche pasteurizada, 20% de incorporación) presentaron valores de humedad sobre el 40% en las dos primeras incorporaciones de cuajada ácida, rango mínimo que según Bylund (2003), FAO (1985) y Fox (2000) debe poseer un queso procesado para ser denominado cortable, en la tercera incorporación de cuajada solo el tratamiento **T4** (cuajada acidificada con ácido cítrico partiendo de leche pasteurizada, 20% de incorporación) alcanzó el valor mínimo de humedad, debido a que parten de cuajadas ácidas que han perdido humedad durante el periodo de almacenamiento, según McSweeney (2007) el porcentaje bajo de humedad en el queso fundido es resultado de emplear como materia prima quesos con baja humedad o quesos secos y duros.

4.2.1.3. Variable de respuesta rebanabilidad

Para la determinación de la rebanabilidad del queso procesado se realizó en una escala de 15 puntos, de excelente a pésima, según los siguientes atributos: capacidad para cortar limpiamente en rebanadas, nivel de flexión antes de ruptura y capacidad para resistir la ruptura, desmenuzado, pegado o fractura en los bordes de corte, la cual puntúa el desempeño del queso al momento de su rebanado.

4.2.1.3.1. Análisis de varianza de rebanabilidad en la primera incorporación

La primera incorporación de la cuajada ácida almacenada 10 días en refrigeración en la elaboración de queso procesado cortable proporcionó como resultado los siguientes datos:

Tabla 28. Análisis de varianza de rebanabilidad del queso procesado cortable primera incorporación

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					.05	.01
Total	17	13792,61				
Tratamientos	5	13782,61	2756,52	3307,83	3,11	5,32
A	2	28,44	14,22	17,07	3,89	6,93
B	1	9,39	9,39	11,27	4,75	9,33
AxB	2	13744,78	6872,39	8246,87	3,89	6,93
E. Exp	12	10,00	0,83			

A: tipo de cuajada, B: porcentaje de incorporación. NS: no significativo, *Significativo al 1%, **Significativo al 5%.

Para los factores A y B se acepta la hipótesis alternativa, el tipo de cuajada y el porcentaje de incorporación a los 10 días de su almacenamiento en refrigeración afectó a la rebanabilidad del queso procesado de forma altamente significativa, así también la interacción entre estos dos factores presento alta significancia estadística. El coeficiente de variación mostró que la rebanabilidad de los quesos procesados varió un 3,69%.

Al encontrarse significancia estadística en los tratamientos se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% (Tabla 29).

Tabla 29. Prueba de Tukey al 5% de significancia para la rebanabilidad de los quesos procesados primera incorporación

Tratamiento	Media	Rango
T5	14,59	a
T1	13,60	a
T2	12,33	a
T6	10,67	b
T4	9,67	b
T3	9,33	b

Los tratamientos **T5**, **T1** y **T2** tienen las medias mayores de calificación y estadísticamente tienen la misma respuesta con respecto a la rebanabilidad, ya que cuentan con rangos de pH y humedad propios de este tipo de queso lo que favorecen al buen desempeño al momento del rebanado (McSweeney, 2007).

4.2.1.3.2. Análisis de varianza de rebanabilidad en la segunda incorporación

La segunda incorporación de la cuajada ácida almacenada 20 días en refrigeración en la elaboración de queso procesado cortable dio como resultado los siguientes datos:

Tabla 30. Análisis de varianza de rebanabilidad del queso procesado cortable segunda incorporación

FV	GL	SC	CM	FC	FT		
					.05	.01	
Total	17	13013,94					
Tratamientos	5	13003,94	2600,79	3120,95	3,11	5,32	**
A	2	46,78	23,39	28,07	3,89	6,93	**
B	1	12,50	12,50	15,00	4,75	9,33	**
AxB	2	12944,67	6472,33	7766,80	3,89	6,93	**
E. Exp	12	10,00	0,83				

A: tipo de cuajada, B: porcentaje de incorporación. NS: no significativo, *Significativo al 1%, **Significativo al 5%.

Para los factores A y B se acepta la hipótesis alternativa, el tipo de cuajada y el porcentaje de incorporación a los 20 días de su almacenamiento en refrigeración afectó a la rebanabilidad del queso procesado de forma altamente significativa, así también la interacción entre estos dos factores presento alta significancia estadística. El coeficiente de variación mostró que la humedad de los quesos procesados varió un 3,80%.

Al encontrarse significancia estadística en los tratamientos se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% (Tabla 31).

Tabla 31. Prueba de Tukey al 5% de significancia para la rebanabilidad de los quesos procesados segunda incorporación

Tratamiento	Media	Rango
T5	13,67	a
T1	13	a
T2	11,33	a
T6	10,33	b
T3	8,67	b
T4	8,67	b

Los tratamientos **T5**, **T1** y **T2** tienen las medias mayores de calificación y estadísticamente tienen la misma respuesta con respecto a la rebanabilidad, ya que cuentan con rangos de pH y humedad propios de este tipo de queso lo que favorecen al buen desempeño al momento del rebanado (McSweeney, 2007).

4.2.1.3.3. Análisis de varianza de rebanabilidad en la tercera incorporación

La tercera incorporación de la cuajada ácida almacenada 30 días en refrigeración en la elaboración de queso procesado cortable dio como resultado los siguientes datos:

Tabla 32. Análisis de varianza de rebanabilidad del queso procesado cortable tercera incorporación

FV	GL	SC	CM	FC	FT		
					.05	.01	
Total	17	11195,50					
Tratamientos	5	11187,50	2237,50	3356,25	3,11	5,32	**
A	2	19,00	9,50	14,25	3,89	6,93	**
B	1	4,50	4,50	6,75	4,75	9,33	*
AxB	2	11164,00	5582,00	8373,00	3,89	6,93	**
E. Exp	12	8,00	0,67				

A: tipo de cuajada, B: porcentaje de incorporación. NS: no significativo, *Significativo al 1%, **Significativo al 5%.

Para los factores A se acepta la hipótesis alternativa, el tipo de cuajada a los 30 días de su almacenamiento en refrigeración afectó a la rebanabilidad del queso procesado de forma altamente significativa, mas no así el factor B, el porcentaje de incorporación de las cuajadas afecta a la variable de respuesta en estudio de forma significativa, la interacción entre estos dos factores presento alta significancia estadística. El coeficiente de variación mostró que la rebanabilidad de los quesos procesados varió un 3,28%.

Al encontrarse significancia estadística en los tratamientos se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% (Tabla 33).

Tabla 33. Prueba de Tukey al 5% de significancia para la rebanabilidad de los quesos procesados tercera incorporación

Tratamiento	Media	Rango
T1	11,67	a
T5	11,00	a
T2	10,33	a
T6	9,67	a
T3	9,00	b
T4	8,67	b

Los tratamientos **T1**, **T5**, **T2** y **T6** tienen las medias mayores de calificación y estadísticamente tienen la misma respuesta con respecto a la rebanabilidad, ya que cuentan con rangos de pH y humedad propios de este tipo de queso lo que favorecen al buen desempeño al momento del rebanado (McSweeney, 2007).

4.2.1.3.4. Comparación de las calificaciones de rebanabilidad resultantes en las tres incorporaciones

La rebanabilidad fue calificada en un escala de 15 puntos, de excelente a pésima, según los siguientes atributos: capacidad para cortar limpiamente en rebanadas, nivel de flexión antes de ruptura y capacidad para resistir la ruptura, desmenuzado, pegado o fractura en los bordes de corte. En la siguiente tabla se muestra la comparación de las características anteriormente mencionadas de las tres incorporaciones realizadas:

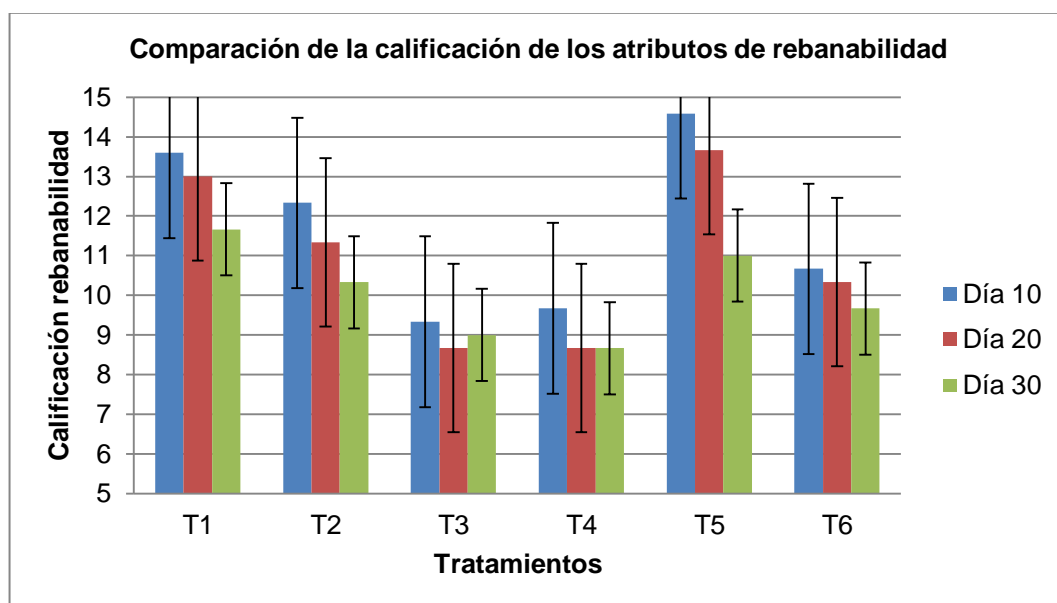


Gráfico 3. Comparación de la calificación de los atributos de rebanabilidad de los 6 tratamientos a los 10, 20 y 30 días.

Los tratamientos **T5** (cuajada acidificada con bacterias ácido lácticas partiendo de leche pasteurizada, 20% de incorporación) , **T1** (cuajada acidificada con ácido cítrico partiendo de leche pasteurizada, 20% de incorporación) y **T2** (cuajada acidificada con ácido cítrico partiendo de leche pasteurizada, 30% de incorporación), mostraron ser los mejores hasta el día 20 presentando características deseables de rebanado.

Según McSweeney (2007), la rebanabilidad se ve afectada por un sin número de factores entre los cuales el pH y la humedad juegan un papel importante en el desempeño funcional del queso procesado, al obtener un queso con valores demasiado altos (>6,2) o muy bajos (<5,6) de pH, los quesos presentan defectos de textura quebradiza y textura muy suave respectivamente, lo cual influye en el momento del rebanado, de igual manera de acuerdo con Guinee (2002), el porcentaje de humedad alto en el queso produce una reducción en su firmeza, lo que da como resultado una textura pegajosa en el queso dificultando así su rebanado.

4.2.1.4. Variable de respuesta índice de fundido

Para la determinación del índice de fundido se empleó el test modificado de Schreiber (Altan, Turhan, & Gunasekaran, 2005). Las muestras fueron tomadas 48 horas después de la elaboración del queso procesado cortable.

4.2.1.4.1. Análisis de varianza del índice de fundido en la primera incorporación

La primera incorporación de la cuajada ácida almacenada 10 días en refrigeración en la elaboración de queso procesado cortable dio como resultado los siguientes datos:

Tabla 34. Análisis de varianza del índice de fundido del queso procesado cortable primera incorporación

FV	GL	SC	CM	FC	FT .05	SIG .01	
Total	17	2042337,5					
Tratamientos	5	2042120,83	408424,167	22620,41	3,11	5,32	**
A	2	25	12,5	0,69	3,89	6,93	NS
B	1	112,5	112,5	6,23	4,75	9,33	*
AxB	2	2041983,33	1020991,67	56547,23	3,89	6,93	**
E. Exp	12	216,66	18,05				

A: tipo de cuajada, B: porcentaje de incorporación. NS: no significativo, *Significativo al 1%, **Significativo al 5%.

Para el factor A se acepta la hipótesis nula, el porcentaje de incorporación de la cuajada almacenada en refrigeración 10 días no afectó a índice de fundido del queso procesado, para el factor B se determinó significancia estadística, el tipo de cuajada ácida afectó el valor del índice de fundido, así también la interacción entre el tipo de cuajada y su porcentaje de incorporación resultó con alta significancia estadística. El coeficiente de variación mostró el índice de fundido de los quesos procesados varió un 6,57%.

Al encontrarse significancia estadística en los tratamientos se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% (Tabla 35).

Tabla 35. Prueba de Tukey al 5% de significancia para el índice de fundido de los quesos procesados primera incorporación

Tratamiento	Media	Rango
T6	145,00	a
T2	138,33	a
T3	136,67	a
T4	136,67	a
T1	135,00	a
T5	133,33	b

Los tratamientos **T6, T2, T3, T4 y T1** tienen las más altas medias en el valor del índice de fundido de las muestras y estadísticamente tienen la misma respuesta con respecto a esta propiedad funcional, lo que significa que estos queso poseen un buen desempeño funcional al momento de ser sometidos a calentamiento.

4.2.1.4.2. Análisis de varianza del índice de fundido en la segunda incorporación

La segunda incorporación de la cuajada ácida almacenada 20 días en refrigeración en la elaboración de queso procesado cortable dio como resultado los siguientes datos:

Tabla 36. Análisis de varianza del índice de fundido del queso procesado cortable segunda incorporación

FV	GL	SC	CM	FC	FT .05	SIG .01	
Total	17	1985894,44					
Tratamientos	5	1985611,11	397122,22	16819,29	3,11	5,32	**
A	2	1011,11	505,56	21,41	3,89	6,93	**
B	1	22,22	22,22	0,94	4,75	9,33	NS
AxB	2	1984577,77	992288,88	42026,35	3,89	6,93	**
E. Exp	12	283,33	23,61				

A: tipo de cuajada, B: porcentaje de incorporación. NS: no significativo, *Significativo al 1%, **Significativo al 5%.

Para el factor B se acepta la hipótesis nula, el porcentaje de incorporación de la cuajada almacenada en refrigeración 20 días no afectó al índice de fundido del queso procesado, para el factor A se determinó significancia estadística, el tipo de cuajada ácida afectó el valor del índice de fundido, así también la interacción entre el tipo de cuajada y su porcentaje de incorporación resultó con alta significancia estadística. El coeficiente de variación mostró que el índice de fundido de los quesos procesados varió un 8,70%.

Al encontrarse significancia estadística en los tratamientos se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% (Tabla 37).

Tabla 37. Prueba de Tukey al 5% de significancia para el índice de fundido de los quesos procesados segunda incorporación

Tratamiento	Media	Rango
T6	145,00	a
T5	145,00	a
T4	138,33	a
T3	131,67	b
T1	126,67	b
T2	126,67	b

Los tratamientos **T6**, **T5** y **T4** tienen las más altas medias en el valor del índice de fundido de las muestras y estadísticamente tienen la misma respuesta con respecto a esta propiedad funcional, lo que significa que estos queso poseen un buen desempeño funcional al momento de ser sometidos a calentamiento.

4.2.1.4.3. Análisis de varianza del índice de fundido en la tercera incorporación

La tercera incorporación de la cuajada ácida almacenada 30 días en refrigeración en la elaboración de queso procesado cortable dio como resultado los siguientes datos:

Tabla 38. Análisis de varianza del índice de fundido del queso procesado cortable tercera incorporación

FV	GL	SC	CM	FC	FT .05	SIG .01	
Total	17	2159365,27					
Tratamientos	5	2159215,27	431843,05	34547,44	3,11	5,32	**
A	2	202,77	101,38	8,11	3,89	6,93	**
B	1	1,38	1,38	0,11	4,75	9,33	NS
AxB	2	2159011,1	1079505,56	86360,44	3,89	6,93	**
E. EXP	12	150	12,5				

A: tipo de cuajada, B: porcentaje de incorporación. NS: no significativo, *Significativo al 1%, **Significativo al 5%.

Para el factor B se acepta la hipótesis nula, el porcentaje de incorporación de la cuajada almacenada en refrigeración 20 días no afectó al índice de fundido del queso procesado, para el factor A se determinó significancia estadística, el tipo de cuajada ácida afectó el valor del índice de fundido, así también la interacción entre el tipo de cuajada y su porcentaje de incorporación resultó con alta significancia estadística. El coeficiente de variación mostró que el índice de fundido de los quesos procesados varió un 4,42%.

Al encontrarse significancia estadística en los tratamientos se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% (Tabla 39).

Tabla 39. Prueba de Tukey al 5% de significancia para el índice de fundido de los quesos procesados tercera incorporación

Tratamiento	Media	Rango
T3	145,00	a
T2	143,33	a
T4	143,33	a
T1	143,33	a
T5	136,67	b
T6	136,67	b

Los tratamientos **T3**, **T2**, **T4** y **T1** tienen las más altas medias en el valor del índice de fundido de las muestras y estadísticamente tienen la misma respuesta con respecto a esta propiedad funcional, lo que significa que estos queso poseen un buen desempeño funcional al momento de ser sometidos a calentamiento.

4.2.1.4.4. Comparación de los valores del índice de fundido resultantes en las tres incorporaciones

En la siguiente tabla se muestra la comparación de las características anteriormente mencionadas de las tres incorporaciones realizadas:

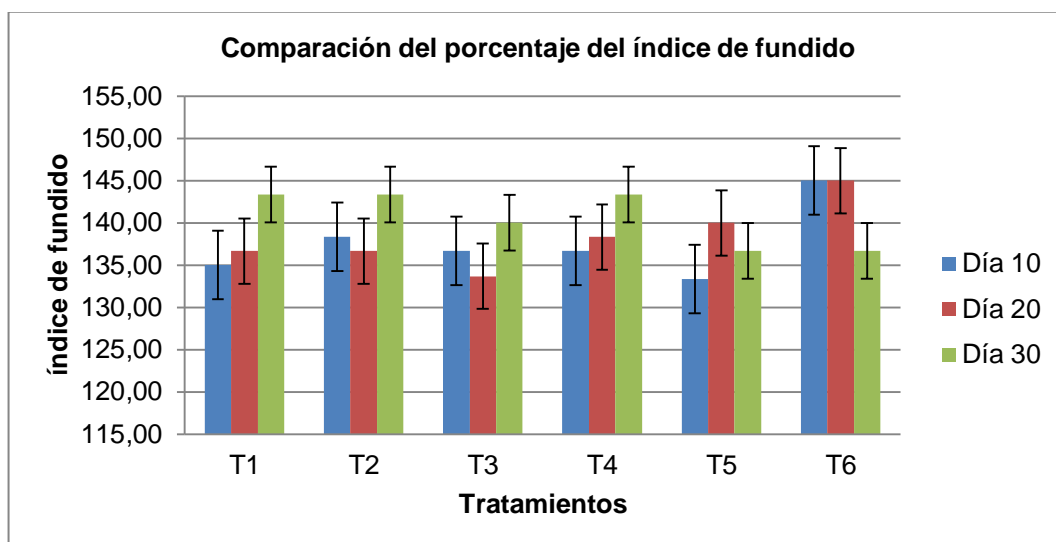


Gráfico 4. Comparación del porcentaje del índice de fundido de los 6 tratamientos a los 10, 20 y 30 días.

El tratamiento **T6** (cuajada acidificada con bacterias acidolácticas partiendo de leche pasteurizada, 30% de incorporación), mostró los mejores porcentajes de índice de fundido en la primera y segunda incorporación, debido a que la cuajada de la que es procedente este queso posee un porcentaje alto de grasa (26%) frente a las otras (22%), lo que favorece a desarrollar una mejor fluidez del queso debido a la interacción de la grasa con la matriz paracaseínica, la cual resulta en una mejora de su capacidad de fluir al momento de ser calentada (Guinee, 2002), (Rudan, Barbano, & Kindstedt, 1998). En los tratamientos **T1** (cuajada acidificada con ácido cítrico partiendo de leche pasteurizada, 20% de incorporación), **T2** (cuajada acidificada con ácido cítrico partiendo de leche pasteurizada, 30% de incorporación) y **T4** (cuajada acidificada con ácido cítrico partiendo de leche sin pasteurizar, 20% de incorporación), se puede apreciar un aumento consecutivo en los valores del índice de fundido con forme se han realizado las incorporaciones, esto se debe al grado de proteólisis que sufre la cuajada durante su almacenamiento, este proceso tiene un efecto positivo según Guinee (2002), ya que es probablemente que debido a la disminución en la continuidad de la matriz de la proteína y el incremento en la hidratación de la paracaseína, se reduzca el estrés requerido para causar el desplazamiento de las capas de la matriz de proteína en el proceso de calentamiento, mejorando así su capacidad para fluir.

4.3. CARACTERIZACIÓN DEL QUESO PROCESADO CORTABLE MEDIANTE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS, FISICOQUÍMICOS Y SENSORIALES.

4.3.1. Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del queso procesado cortable

Los quesos procesados resultantes de la investigación están en un rango de pH entre 5,67 y 6,18 y un rango de humedad de entre 38 y 42%, los cuales según FAO (1985), Fox (2000) y Bylund (2003), están en el rango permitido para los tipos de queso destinados al tajado o rebanado.

Tabla 40. Caracterización fisicoquímica del queso procesado cortable

Parámetro	Investigación	FAO (1985)	Bylund (2003)
pH	5,93±0,26	5,5-5,7	5,6-5,8
Humedad (%)	40±2	50-55	40-45
Grasa (%)	27±1	23-25	27-30

Pese a que se utilizó cuajadas ácidas, las cuales en el momento de su incorporación presentaban carga microbiológica alta sobre los rangos de calidad aceptable (>1000 ufc/g), posterior al proceso de fundido se determinó que los quesos procesados muestreados de todos los tratamientos están dentro de la norma NTE INEN 2613 y la Norma oficial Mexicana 121-SSA1-1994, las cuales hacen referencia a los quesos procesados.

4.3.2. Evaluación de la calidad sensorial del queso procesado cortable.

Se evaluó las características organolépticas del queso procesado por medio de un panel de degustación no entrenado conformado por 10 participantes de edades entre 21 y 23 años, los cuales analizaron los siguientes atributos: olor, color, sabor y textura en las muestras de queso procesado. La información fue analizada por el método de Friedman al 5%.

Posterior al análisis estadístico se determinó que existen diferencias significativas en los atributos de sabor y olor en las muestras, el resultado del análisis se resume a continuación:

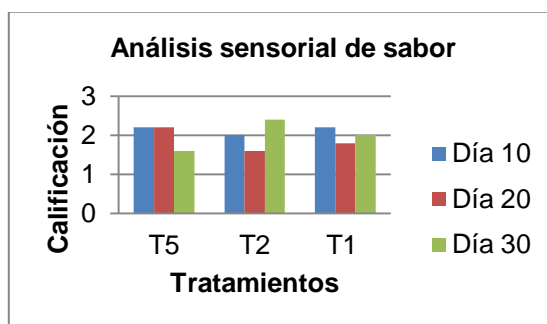


Gráfico 5. Comparación de los resultados de análisis organolépticos de sabor del queso procesado cortable

En las incorporaciones a los 10 y 20 días los mejores resultados son los tratamientos **T5** (cuajada acidificada con bacterias ácido lácticas partiendo de leche pasteurizada, 20% de incorporación) , seguido del **T1** (cuajada acidificada con ácido cítrico partiendo de leche pasteurizada, 20% de incorporación); a los 30 días el tratamiento **T5** presentó menor calificación debido a características no deseables en el sabor, generadas por la formación de aminoácidos libres, debido al proceso de proteólisis que sufren las cuajadas durante su periodo de almacenamiento, los que generan atributos sensoriales poco deseables en la cuajada, como olores fuertes y sabores desagradables (Ricciardi, et.al, 2015), los demás tratamientos según el panel degustador son aceptables para su consumo.

El sabor fue descrito por el panel de degustación como ligeramente ácido y moderadamente salado, el aporte de estos atributos se debe al queso semi maduro empleado en esta investigación, en las muestras evaluadas en la tercera incorporación, se presentó un sabor amargo debido a la baja calidad sensorial de las cuajadas, que al ser almacenadas presentaron sabores poco deseables causados por la degradación de la proteína y que es impartidos al producto final.

Al ser analizado el atributo de olor en el queso (Gráfico 6), se obtuvo los mejores resultados con los siguientes tratamientos: **T5**, y **T1** de igual manera que el sabor, la proteólisis que sufren las cuajadas ácidas durante su almacenamiento, es responsable de las características sensoriales poco deseables en el olor del queso procesado, debido a la presencia de aminoácidos libres generadores de estas características poco deseables.

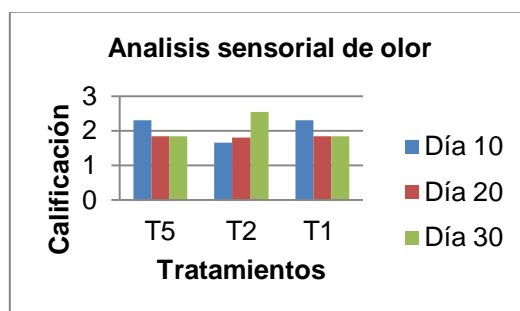


Gráfico 6. Comparación de los resultados de análisis organolépticos de olor del queso procesado cortable

El olor fue descrito por el panel de degustación como un fuerte olor láctico acidificado agradable al olfato, el aporte de estos atributos se debe al queso semi maduro empleado en esta investigación, en las muestras evaluadas en la tercera incorporación, se presentó un olor rancio debido a la baja calidad sensorial de las cuajadas que al ser almacenadas presentaron características organolépticas poco deseables por la degradación de su proteína y que son impartidos al producto final.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Debido a los cambios bioquímicos resultantes de la proteólisis y la actividad microbiana en las cuajadas que se desarrollaron durante el tiempo de su almacenamiento es necesario emplear cuajadas con características organolépticas de calidad excelente a neutra para asegurar un producto deseable para el consumidor.
- En función a los análisis estadísticos realizados, el tipo de cuajada ácida y el porcentaje de incorporación si influyen en las características funcionales y organolépticas del queso procesado cortable, concluyendo de esta manera que se acepta la hipótesis alternativa.
- Se determinó con este estudio que la incorporación de cuajadas ácidas provenientes de leche pasteurizada en la elaboración de quesos procesados tiene mejor resultado que las que proviene de leche sin pasteurizar, ya que el producto final posee una mayor calificación en sus atributos de rebanado y cumple con los parámetros fisicoquímicos que definen al queso procesado cortable.

- Al usar un 20% de cuajada ácida se obtienen buenas características de rebanado con respecto a la incorporación del 30%, debido al nivel de proteína que estas cuajadas aportan al queso, el cual resultó adecuado para obtener un correcto rebanado.
- Una vez realizado el análisis organoléptico del producto final se encontró que los tratamientos **T1** (cuajada acidificada con ácido cítrico partiendo de leche pasteurizada, incorporada en un 20%), **T2** (cuajada acidificada con ácido cítrico partiendo de leche pasteurizada, incorporada en un 30%) y **T5** (cuajada acidificada con bacterias ácido lácticas partiendo de leche pasteurizada, incorporada en un 20%) tuvieron una mayor aceptación por el grupo de catadores ya que obtuvieron una mejor calificación en sus atributos organolépticos de sabor y olor, describiéndolo como ligeramente ácido y láctico acidificado respectivamente.
- La elaboración de queso procesado es una gran alternativa en la reincorporación de queso sin salida comercial, reingresándolo a la cadena productiva y generando valor agregado.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio de la proteína láctea en quesos frescos y madurados determinado la influencia de esta en la elaboración de quesos procesados.
- Efectuar investigaciones sobre el uso de emulsionantes naturales y su aplicación en la agroindustria láctea.
- Se recomienda optimizar la marmita abierta, instalando un dispositivo que limpie las paredes del equipo de manera efectiva a fin de minimizar las perdidas y permita la toma de temperatura durante el proceso de fundido.
- Realizar un estudio sobre la influencia del proceso de fundido sobre la composición nutricional del queso procesado cortable.

BIBLIOGRAFÍA

- Altan, A., Turhan, M., & Gunasekaran, S. (2005). Short communication: Comparison of covered and uncovered schreiber test for cheese meltability evaluation. *Journal of Dairy Science*, 857–861.
- Bylund, G. (2003). *Dairy processing handbook*. Tetra Pak Processing Systems AB.
- Caric, M., Gantar, M., & Kalab, M. (1985). Effects of emulsifying agents on the microstructure and other characteristics of process cheese - A Review. *Food Structure: Vol. 4: No. 2, Article 13*.
- Castro, A. (2014). *Efecto de la adición de un dextrano sobre las características fisicoquímicas, sensoriales y funcionales de queso de pasta hilada semigraso*. Bogotá D.C.: Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de magister en ciencia y tecnología de alimentos.
- Ceruti, R. J. (2013). *Desarrollo de flavor y estrategias para acelerar la maduración de quesos duros y/o semiduros argentinos*. Argentina: Tesis presentada para la obtención del Grado Académico de Doctor en Química.
- Chiriboga, B. (2012). *Elaboración de queso fundido cremoso a partir de precipitación ácida en caliente y fusión con crema de leche*. Quito: Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Ingeniero en Alimentos.
- Codex Standard. (s.f.). *NORMA GENERAL DEL CODEX PARA EL QUESO*. CODEX STAN 283-1978.
- Dave, R. I., Oberg, C., & McMahon, D. J. (2003). Influence of coagulant level on proteolysis and functionality of mozzarella cheesemade using direct acidification. *Journal of Dairy Science*, 114-126.
- Dimitreli, G., & Thomareis, A. S. (2004). Effect of temperature and chemical composition on processed cheese apparent viscosity. *Journal of Food Engineering*, 265-271.

- Dimitreli, G., & Thomareis, A. S. (2008). Effect of chemical composition on the linear viscoelastic properties of spreadable-type processed cheese. *Journal of food Engineering*, 368-374.
- Erazo, L. (2012). *Elaboracion de Queso Fundido Untable Tipo Cheddar en Industria Lechera Carchi S.A.* Ambato: Trabajo de Investigación de Graduación, Modalidad: Trabajo de Investigación de Graduación, previa a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos.
- FAO. (1985). *Manual de elaboración de quesos*. Equipo regional de fomento y capacitación en lechería para América Latina.
- FAO, & OMS. (2006). Anteproyecto de norma para el queso fundido. *CX/MMP 06/7/8*, Add. 2.
- Farkye, L., & Kiely, R. (1990). Proteolysis in mozzarella cheese during refrigerated storage. *Dairy Foods Program*.
- Feeney, E., Guinee, T., & Fox, P. (2002). Effect of pH and calcium concentration on proteolysis in mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 1646–1654.
- Fox, P. (2000). *Fundamentals of Cheese Science*. Springer Science & Business Media.
- Guinee, T. P. (2002). The functionality of cheese as an ingredient: A review. *Australian Journal of Dairy Technology*, 79.
- Gupta, S., Karahadian, C., & Lindsay, R. (1984). Effect of emulsifier salts on textural and flavor properties of processed cheeses. *Journal of Dairy Science*, Vol. 67, No. 4.
- Gutiérrez, J. B. (2000). *CIENCIA BROMATOLÓGICA Principios generales de los alimentos*. España: Díaz de Santos S.A.
- Imm, J., & Han, K. (2003). Functionality and physico-chemical characteristics of bovine and caprine mozzarella cheeses during refrigerated storage. *American Dairy Science Association*, 2790-2798.

- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1973). *Quesos. Clasificación y desigualaciones*. NTE INEN 0062.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (s.f.). *Norma General para Queso Fundido. Requisitos*. NTE INEN 2613. 2012-03.
- McSweeney, P. (2007). *Cheese problems solved*. Woodhead Publishing Limited.
- Ministerio de Coordinación de la Producción, Empleo y Competitividad. (15 de marzo de 2011). *Agendas para la Transformación Productiva Territorial: Carchi*. Obtenido de www.produccion.gob.ec:www.produccion.gob.ec/wp.../AGENDA-TERRITORIAL-CARCHI.pdf
- N. Cubero, A. M. (2002). *Aditivos alimentarios*. Madrid: Mundi Prensa.
- Nagyová, G., Buňka, F., Richardos, N. S., & Černíková, M. (2013). The effect of individual phosphate emulsifying salts and their selected binary mixtures on hardness of processed cheese spreads. *Potravinarstvo, Scientific Journal for Food Industry*, 191-196.
- P. F. Fox, P. M. (2004). *Cheese chemistry, physics and microbiology*. Elsevier Science & Technology Books.
- Pritchard, G., & Freebairn, A. (1994). Purification and characterization of an endopeptidase from *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* SK11. *Microbiology*, 923-930.
- Pulido, H. G. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V.
- Ramírez, J. S. (2010). Propiedades funcionales de los quesos: Énfasis en quesos de pasta hilada. *ReCiTeIA*, 74-97.
- Ramirez, P. (1981). An investigation of the rework defect in process cheese. *All graduate theses and dissertations*, 5241.
- Revista Líderes . (2015). Un tercio de la producción láctea se dedica al queso. *Lideres*, <http://www.revistalideres.ec/lideres/ecuador-produccion-lactea-queso.html>.

- Ricciardi, A., Guidone, A., Zotta, T., Matera, A., Claps, S., & Parente, E. (2015). Evolution of microbial counts and chemical and physico-chemical parameters in high-moisture mozzarella cheese during refrigerated storage. *Food science and technology*, 821-827.
- Rudan, M. A., Barbano, D. M., & Kindstedt, P. S. (1998). Effect of fat replacer (salatrimâ) on chemical composition, proteolysis, functionality, appearance, and yield of reduced fat mozzarella cheese. *Journal of dairy science*, 2077–2088.
- Sánchez, d., & Morales, A. (2011). Lipolysis and proteolysis profiles of fresh artisanal goat cheese made with raw milk with 3 different fat contents. *American Dairy Science Association*.
- Schär, W., & Bosset, J. (2002). Chemical and physico-chemical changes in processed cheese and ready-made fondue during storage. *Elsevier Science*, 15-20.
- Spreer, E. (1998). *Milk and dairy products technology*. New York: Marcel Dekker, Inc. .
- Villegas de Gante, A. (2004). *Tecnología Quesera*. México: Editorial Trillas.

ANEXOS

Anexo 1. Materiales de laboratorio y de procesamiento.

Material de laboratorio
<ul style="list-style-type: none">• Tubos de ensayo de 10 ml y 20ml de capacidad• Gradillas• Probetas• Cajas Petri• Papel filtro• Placas petrifilm 3M (análisis de mohos y levaduras, coliformes totales, staphylococcus aureus)• Guantes de látex• Cofias• Fundas herméticas Ziploc• Mascarillas• Vasos de precipitación de 250, 500 y 600 ml de capacidad• Guantes de calor• Matraces volumétricos de 10, 500, 2000 ml de capacidad• Pipetas de 2, 5, 10, y 50 ml de capacidad• Frasco de vidrio de 250 ml de capacidad, con tapa rosca
Material para el procesamiento de queso
<ul style="list-style-type: none">• Tamices (lienzos)• Agitador para leche• Bandejas• Baldes plásticos• Jarras plásticas• Fundas alta densidad para empaque al vacío de 250, 1000 y 2000 gramos de capacidad• Fundas herméticas Ziploc• Mascarillas• Gavetas 20 kg de capacidad• Material de degustación• Moldes de acero inoxidable de 300 y 2000 gramos de capacidad.

Anexo 2. Equipo de laboratorio y para el procesamiento de queso.

Equipo de laboratorio
<ul style="list-style-type: none">• Termómetro• Centrífuga Gerber• Acidómetro Dornic• Balanza analítica• Balanza gramera• Fluorophos FLM 200• Analizador de humedad PMB• Milkana somatic scan• Milkana milk analizar• Viscosímetro STS-2011• Incubadora Ecocell• pHmetro GMH 3511• Baño María digital Wisebath• Butirómetros para análisis de grasa en leche (0 a 6%) y queso (0 a 40%)• Autoclave• Termolactodensímetro
Equipos para el procesamiento de queso
<ul style="list-style-type: none">• Bidones de 40 litros• Cutter de 2 kg de capacidad• Tina de enfriamiento de 480 litros de capacidad• Bombas• Marmita de 250 litros de capacidad• Caldero• Banco de hielo• Cuarto frío• Mesa de acero inoxidable• Empacadora al vacío• Marmita de 10 kg de capacidad

Anexo 3. Seguimiento microbiológico de las cuajadas ácidas refrigeradas

Simbología:

C1: Cuajada acidificada con ácido cítrico partiendo de leche pasteurizada

C2: Cuajada acidificada con ácido cítrico partiendo de leche sin pasteurizar

C3: Cuajada acidificada con bacterias ácido lácticas partiendo de leche pasteurizada

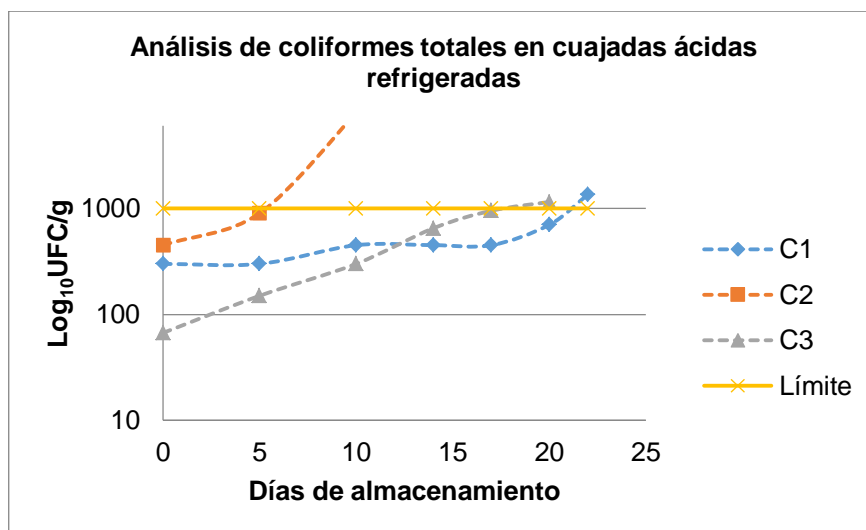


Gráfico 7. Seguimiento de coliformes totales en cuajadas ácidas refrigeradas

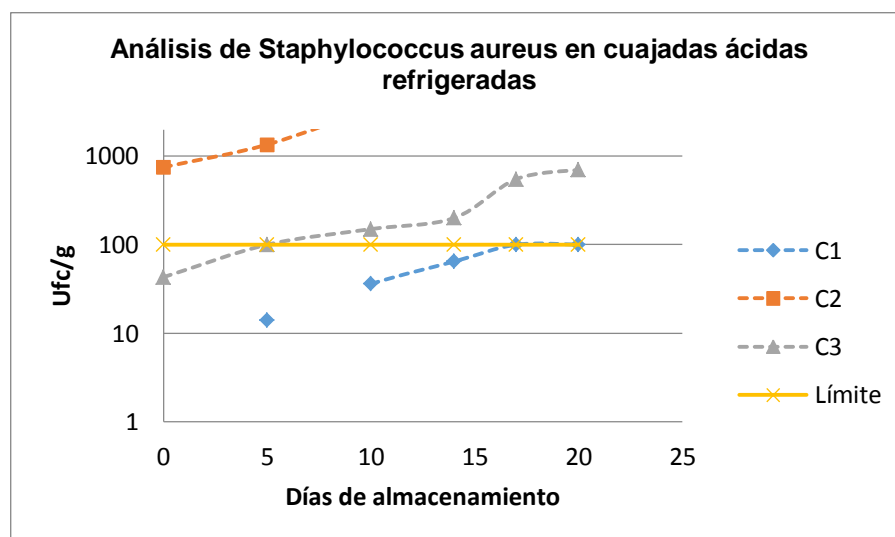


Gráfico 8. Seguimiento de Staphylococcus aureus en cuajadas ácidas refrigeradas

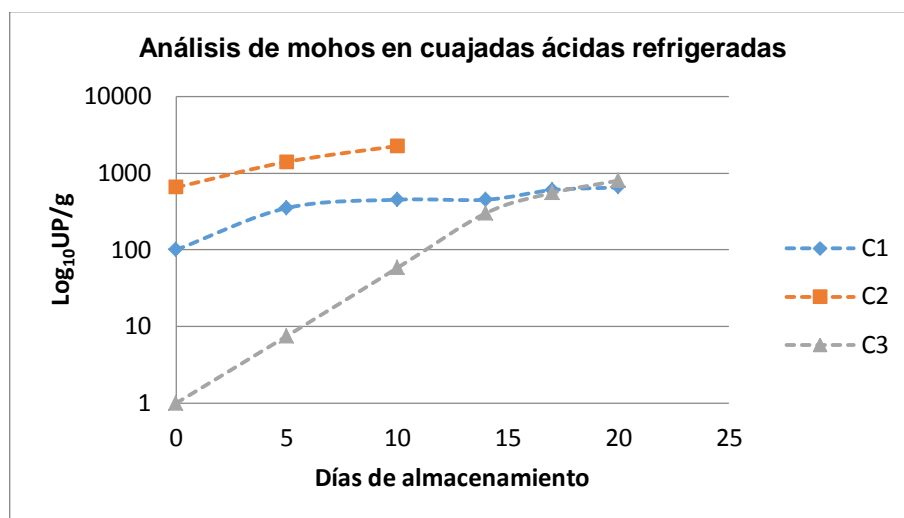


Gráfico 9. Seguimiento del crecimiento de mohos en cuajadas ácidas

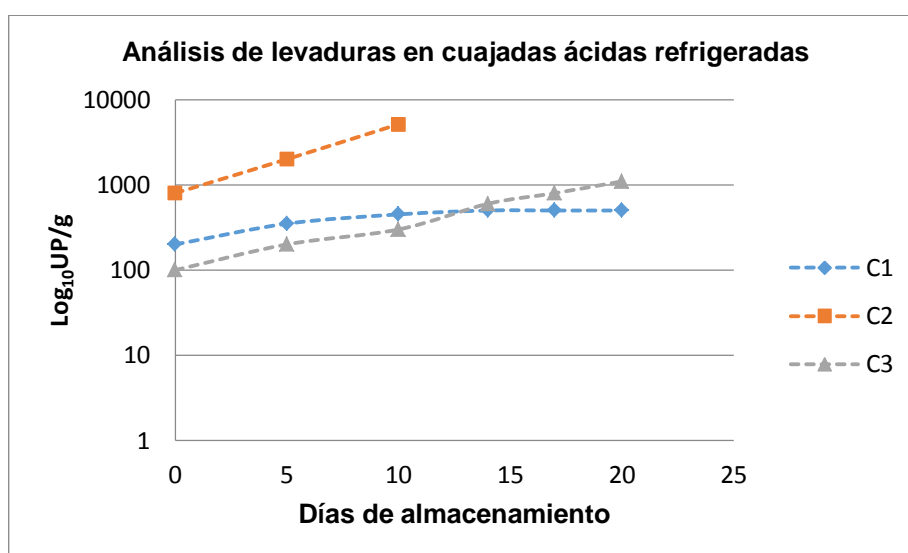


Gráfico 10. Seguimiento del crecimiento de levaduras en cuajadas ácidas

Anexo 4. Seguimiento fisicoquímico de las cuajadas ácidas refrigeradas

Simbología:

C1: Cuajada acidificada con ácido cítrico partiendo de leche pasteurizada

C2: Cuajada acidificada con ácido cítrico partiendo de leche sin pasteurizar

C3: Cuajada acidificada con bacterias ácido lácticas partiendo de leche pasteurizada

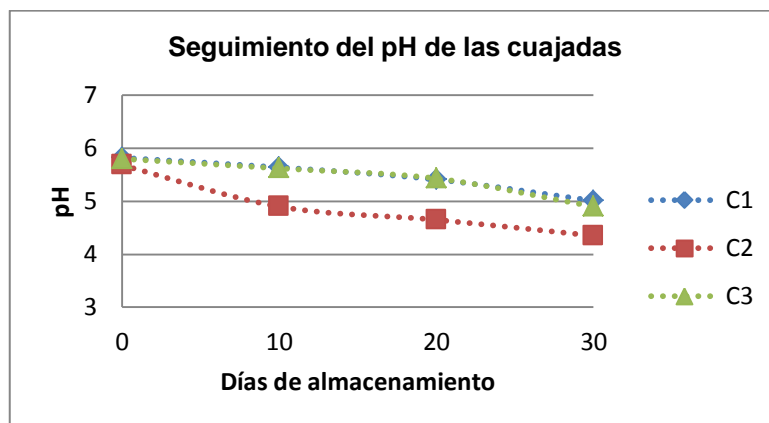


Gráfico 11. Seguimiento del pH de las cuajadas

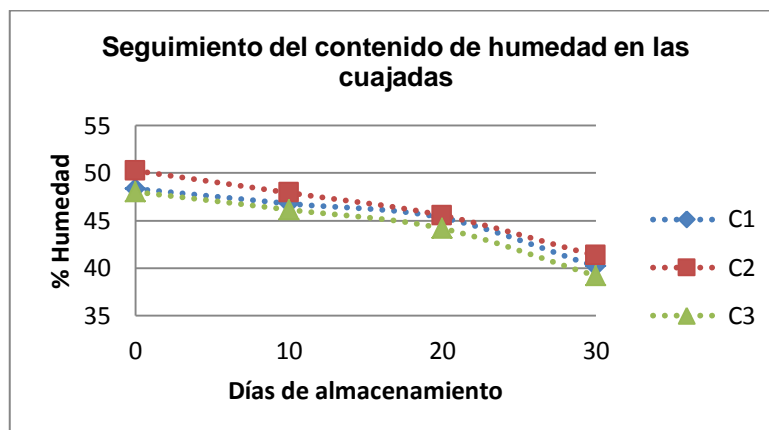


Gráfico 12. Seguimiento del contenido de humedad en las cuajadas

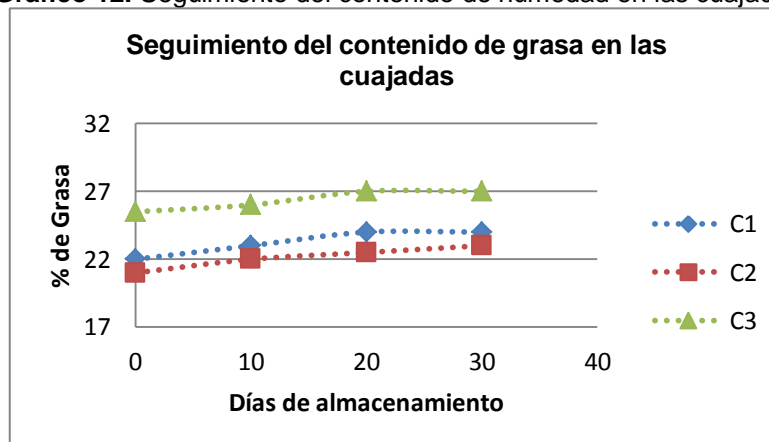


Gráfico 13. Seguimiento del contenido de grasa en las cuajadas